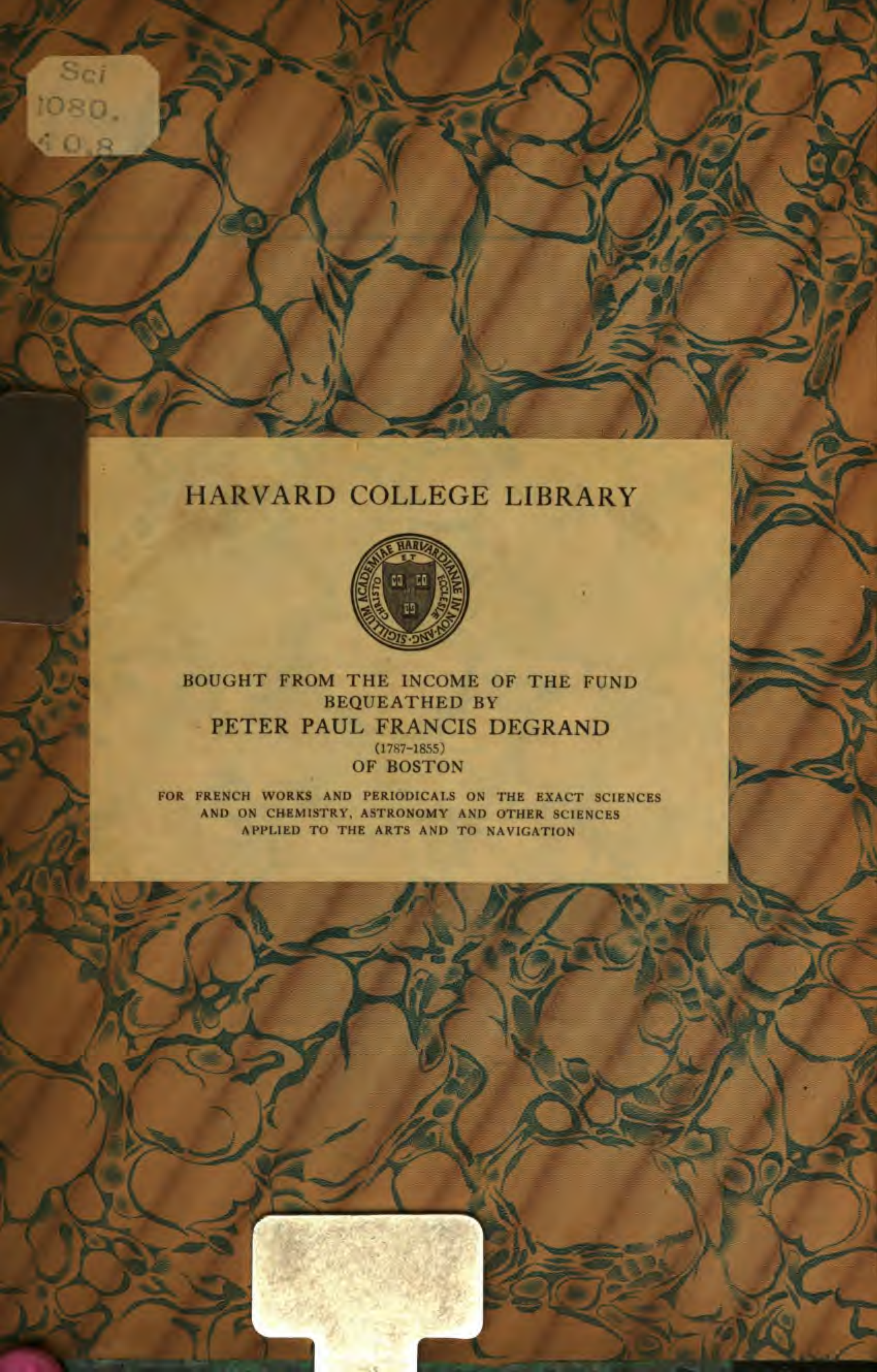




SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE PHYSIQUE.

ANNÉE 1878.

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Augustins, 55.

SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE.

ANNÉE 1878.

PARIS,

AU SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ,

44, RUE DE RENNES, 44.

1878

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE.

SÉANCE DU 4 JANVIER 1878.

PRÉSIDENCE DE MM. ED. BECQUEREL ET BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 décembre 1877 est lu et adopté.

Au début de la séance, on procède à l'élection du bureau.

Le bureau de l'année 1878 se trouve ainsi composé :

M. BLAVIER, *Président;*
M. BERTHELOT, *Vice-Président;*
M. D'ALMEIDA, *Secrétaire général;*
M. MOUTON, *Secrétaire;*
M. BOUTY, *Vice-Secrétaire;*
M. NIAUDET, *Archiviste-Trésorier.*

M. Ed. Becquerel, fait l'éloge de M. Cazin, secrétaire, et de M. Ruhmkorff, membres de la Société décédés pendant l'année; il résume les travaux et les acquisitions opérés dans l'année qui se termine, et cède la présidence à M. Blavier.

Sont élus membres de la Société : MM. Barbier, ingénieur chimiste à Paris; Pratzmowski, constructeur d'instruments d'optique à Paris.

M. Trouvé expose à la Société son polyscope électrique, qu'il destine surtout à éclairer les cavités du corps humain. Son appareil a pour base les phénomènes de polarisation, dont M. Planté a fait un si brillant usage.

M. Mascart décrit d'abord une pile Daniell, à grande surface, imaginée par M. Thomson, et qu'il utilise depuis longtemps dans son laboratoire du Collége de France.

La résistance d'un élément peut être amenée à être moindre que 0,1 d'Ohm, c'est-à-dire moindre que la résistance d'un Bunsen grand modèle. — A propos de l'adaptation de cette pile à des moteurs magnéto-électriques. M. Mascart étudie les conditions théoriques de rendement de ces moteurs.

Renversant la question, il étudie la machine magnéto-électrique au point de vue de la production de l'électricité. Les expériences sont faites avec une machine Gramme, tour à tour employée comme moteur attelé, à une machine de Holtz, ou comme producteur de courant donnant dans une bobine Ruhmkorff des étincelles d'induction.

Il montre dans ce dernier cas l'influence puissante de la nature de l'anneau de la machine Gramme, sur la longueur des étincelles; il explique cette influence.

MM. Ed. Becquerel et Cornu présentent quelques observations sur le rendement et les conditions de réversibilité des machines magnéto-électriques.

Polyscope, par M. Trouvé.

J'ai l'honneur de présenter à la Société de Physique le polyscope, appareil destiné à éclairer les cavités du corps humain, l'intérieur des mines, des poudrières, la profondeur des eaux, etc.

Cet appareil est basé sur la propriété que possède un courant voltaïque de dégager de la chaleur dans un circuit voltaïque de petite section, et dont Joule a donné la loi suivante :

La quantité de chaleur dégagée dans l'unité de temps dans un fil métallique homogène traversé par un courant voltaïque est proportionnelle : 1° *à la résistance que ce fil oppose au passage de l'électricité ;* 2° *au carré de l'intensité du courant.*

Cette propriété du courant voltaïque de porter au rouge les conducteurs métalliques résistants en les traversant a été utilisée en chirurgie par John Marschal vers 1851 ; par Leroy d'Etioles, 1852 ; Middeldorff, 1854 ; Broca, 1856 ; etc. Ce ne fut que plus tard qu'on chercha à produire l'éclairage. En 1867, M. Bruck, dentiste à Breslau, présentait un appareil destiné à éclairer les cavités buccales et auquel il donnait le nom de *stomatoscope*. Un peu plus tard, en France, M. le Dr Milot, à l'École pratique de Paris fit de nombreuses expériences sur les animaux pour éclairer l'estomac.

Le succès ne répondit pas à ses tentatives par suite de l'inconstance de la source électrique qui nécessitait alors des fils de platine très-gros pour ne pas les exposer à une volatilisation permanente. On obtenait bien des effets lumineux, mais on obtenait en même temps des effets calorifiques trop intenses pour l'application de cet éclairage. On eut bien recours à une circulation d'eau pour anéantir ce calorique au fur et à mesure de sa production ; mais les appareils étaient alors très-volumineux et devenaient d'un maniement si difficile qu'ils ne passèrent pas dans la pratique.

Convaincu de l'importance pratique d'un pareil système d'éclairage, j'a ipoursuivi, sans relâche à partir de 1870, mes essais en ce sens. Les résultats que j'ai obtenus et l'instrument perfectionné sont tels, que la pratique chirurgicale n'a pas tardé à s'en emparer.

Les réflecteurs sont paraboliques et émaillés extérieurement, par mesure de propreté, et pour éviter et la chaleur et la sensation désagréable d'un métal au contact des muqueuses. Tous ces organes sont d'une exécution irréprochable. Par une disposition des plus ingénieuses, le praticien peut instantanément et à volonté remplacer le platine qui n'est plus enroulé en spirale comme on l'avait fait généralement jusqu'alors, mais simplement aplati vers son milieu, de manière à constituer un petit disque central représentant seul le foyer lumineux. D'après M. le capitaine Manceron, la substitution du disque de platine à la spirale double sensiblement le pouvoir éclairant et permet d'éclairer et de visiter avec le polyscope, non-seulement l'intérieur des obus et des canons de toutes dimensions, mais encore d'en faire des projections (1).

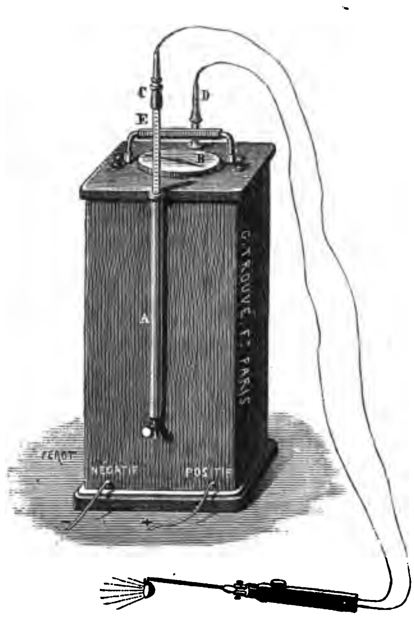
---

(1) Expériences de M. le capitaine Manceron à Saint-Thomas d'Aquin.

Ces résultats si satisfaisants tiennent en grande partie au choix judicieux et à l'emploi de la pile secondaire de M. Gaston Planté, qui a été présentée à la Société de Physique et dont le nom est bien connu des membres de la Société. J'ai su toutefois régler à volonté l'écoulement de l'électricité emmagasinée, au moyen d'un rhéostat spécial d'une grande simplicité, et par l'adjonction d'un galvanomètre à deux circuits dans lequel la force électromotrice du réservoir et celle de la pile sont en opposition. Grâce à la combinaison de ces organes, le praticien peut toujours régler à volonté l'écoulement du fluide et sait toujours par le galvanomètre l'état de charge dans lequel se trouve la pile secondaire.

Telle est la régularité de cet écoulement, grâce au rhéostat spécial, que les fils de platine des réflecteurs sont maintenus pendant plusieurs heures, sans crainte de volatilisation, dans un état d'in-

Fig. 1.



candescence et presque de fusion, malgré leur état de ténuité de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de millimètre. Le calorique produit, dans ces conditions, élève assez peu la température du réflecteur, pour qu'il ne puisse être facilement maintenu en contact avec les muqueuses

sans en être incommodé, pendant plusieurs minutes consécutives.

En résumé, le polyscope se compose :

1° D'un réservoir A (*fig.* 1,) emmagasinant l'électricité dynamique, ou pile secondaire de M. Gaston Planté, muni d'un rhéostat spécial AC, ou régulateur extrêmement simple, destiné à régler l'écoulement de l'électricité du réservoir; nous disons

Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.



écoulement, car ceux de nos lecteurs qui connaissent la pile secondaire savent qu'elle peut être complétement assimilée à un réservoir hydrostatique.

Le rhéostat, dans la pile secondaire, joue le même rôle que le robinet du réservoir hydrostatique : tous deux modèrent à volonté l'écoulement des fluides.

Cette régularité est si grande que, comme nous l'avons dit plus haut, l'appareil permet de porter vers le point de fusion, sans jamais le dépasser, des fils de platine depuis $\frac{1}{10}$ de millimètre jusqu'à 1mm,5 de diamètre.

D'un galvanomètre B, à deux circuits, qui permet à l'opérateur ou au praticien de reconnaître immédiatement, d'une part, l'état dans lequel se trouve la batterie pour charger le réservoir, et, d'autre part, l'état de charge du réservoir.

2° D'une série de réflecteurs (*fig.* 2, 3, 4 et 5,) sphériques ou paraboliques, munis ou dépourvus de miroirs et donnant des jeux de lumière variés et appropriés à l'éclairement, soit d'une salle de poudrière, soit des cavités naturelles, etc., etc. Un manche à pédales et des rhéophores servent à établir la liaison entre le réservoir et les réflecteurs par les pinces à coulants CD.

La *fig.* 2 représente un réflecteur de la bouche pour les dentistes. La puissance de ce réflecteur est telle, que les dents devenant complétement transparentes, on ne perd aucun détail de leur état. Ce réflecteur, placé à l'extrémité d'une sonde œsophagienne, éclaire l'estomac par transparence.

On voit dans la *fig.* 3 un réflecteur avec miroir laryngien pour la laryngoscopie et la rhinoscopie. Ce réflecteur, sur lequel peut s'adapter une série de miroirs de différentes grandeurs, fait avec ceux-ci un angle fixe de 45 degrés. Cet angle déterminé d'avance fait que, sans aucun tâtonnement, les cordes vocales comme les fosses nasales se trouvent réfléchies immédiatement dans le champ du miroir et d'une façon beaucoup plus nette que dans la laryngoscopie ordinaire, puisque l'éclairement est direct.

Le réflecteur de la *fig.* 4 est semblable à celui de la *fig.* 3, mais sans miroir, et pouvant éclairer dans la généralité des cas les cavités naturelles : la bouche, la gorge, l'arrière-gorge, le vagin, le rectum, etc. Aucun autre système d'éclairage ne peut rivaliser avec celui-ci pour éclairer le fond d'un spéculum. Le pouvoir éclairant se trouve, en effet, placé à une distance aussi minime qu'on le désire des parties à examiner, et, en outre, l'opérateur ne peut être incommodé par la source lumineuse, car il ne la voit pas.

Enfin, la *fig.* 5 représente un réflecteur avec miroir articulé construit pour M. le Dr Alvin, pour faire spécialement de la rhinoscopie.

SÉANCE DU 18 JANVIER 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 18 janvier est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Brillouin, agrégé préparateur au Collége de France; Chabrerie, professeur au Collége de Brives; Pollard, ingénieur de la marine à Cherbourg.

M. Melsens fait hommage à la Société de son Mémoire relatif au système de paratonnerre qu'il a été chargé d'établir sur l'Hôtel-de-Ville de Bruxelles.

M. d'Almeida résume les parties principales de ce travail, et donne une description succincte des innovations apportées par l'auteur.

M. Mascart dit qu'en principe le mode de préservation adopté par M. Melsens consiste à enfermer l'édifice dans une cage en fer convenablement reliée au sol.

A propos de cette communication avec la terre, M. Berthelot présente quelques observations spéciales sur le raccordement des conduites d'eau et de gaz avec les paratonnerres. Ce raccordement paraît conforme aux règles générales, en ce qui touche l'édifice lui-même, dont l'intérieur se trouve ainsi protégé contre les décharges latérales, l'une des principales causes d'incendie. Le réseau métallique des paratonnerres rencontre en même temps dans les tuyaux d'eau des voies supplémentaires pour l'écoulement de l'électricité, en raison du contact des tuyaux avec le sol humide.

Cependant, malgré des avantages aussi évidents et reconnus par la plupart des physiciens, le raccordement des paratonnerres avec les conduites d'eau n'a pas été autorisé dans certaines grandes villes. Des personnes fort compétentes ont pensé que ce pourrait n'être pas sans danger pour les ouvriers occupés à réparer la canalisation souterraine, spécialement lorsque celle-ci se trouve suspendue dans l'intérieur des égouts. Cette crainte pourrait être écartée en établissant de distance en distance des jonctions métal-

liques avec le sol humide et avec les eaux d'égout. Dans le cas d'interruption momentanée des conduites pour cause de réparation, un règlement facile à imaginer écarterait tout péril, en prescrivant la mise en communication temporaire avec le sol humide ou avec les eaux d'égout de la partie interrompue.

En ce qui touche les tuyaux de gaz, la question est un peu différente. Les petites conduites qui apportent le gaz dans les édifices sont en plomb ou en fer ; elles sont d'ordinaire en contact direct avec un sol humide, ce qui assure la protection. Mais dans les terrains exceptionnels, où le sol serait sec, comme il arrive dans certaines villes, la protection pourrait faire défaut. On ne doit pas compter d'ailleurs sur les maîtresses conduites pour la compléter, attendu qu'elles sont souvent recouvertes de bitume et séparées les unes des autres par des joints isolants. Les conduites de gaz n'offrent donc pas dans tous les cas une protection supplémentaire ; mais il est nécessaire de les protéger elles-mêmes.

Sous ce point de vue les compteurs à gaz donnent lieu à quelques remarques. En effet l'observation a prouvé que dans les édifices foudroyés il s'est produit quelquefois des décharges sur le compteur lui-même, c'est-à-dire en un point excessivement dangereux à cause de l'inflammation du gaz et de la destruction possible des robinets d'arrêt. Cet accident s'explique par le changement brusque de conductibilité qui a lieu à la double jonction du compteur formé d'une simple feuille de tôle avec le tuyau d'entrée et le tuyau de sortie, formés d'un cylindre de plomb épais. Tout accident sur le compteur serait prévenu en rejoignant les deux tuyaux d'entrée et de sortie par une large et épaisse lame de plomb soudée de part et d'autre. Le tuyau de plomb, formant raccord direct avec le robinet auxiliaire qui existe sur certains modèles de compteurs entre les deux tuyaux, remplit la même destination.

Le Secrétaire général présente encore, de la part de M. Melsens, un rhéélectromètre, qui sur ses conseils est employé par l'administration des lignes télégraphiques de Belgique, pour déterminer la direction des coups foudroyants.

M. Melsens fait don de cet instrument à la Société qui lui adresse ses remercîments.

Le Secrétaire général lit une lettre de M. Jamin, annonçant à la Société la mort de M. Becquerel.

M. Antoine Bréguet expose à la Société les recherches faites jusqu'à présent dans le but de renforcer les sons du téléphone.

M. Marcel Deprez rend compte des différents systèmes qu'il a successivement essayés et des résultats auxquels il est déjà parvenu, résultats au moins égaux, et en tous cas antérieurs à ceux que, d'après M. Roosevelt, aurait obtenus M. Edison.

Il est ensuite procédé à l'élection des membres du Conseil.

Sont élus :

Membres résidants :

MM. Becquerel (Ed).
Cavaillé-Coll.
Joubert.
Mascart.

Membres non résidants :

MM. Abria.
Cailletet.
Lissajous.
Warren de la Rue.

Paratonnerres à pointes, à conducteurs et à raccordements terrestres multiples, de M. Melsens; par M. Ch. d'Almeida (1).

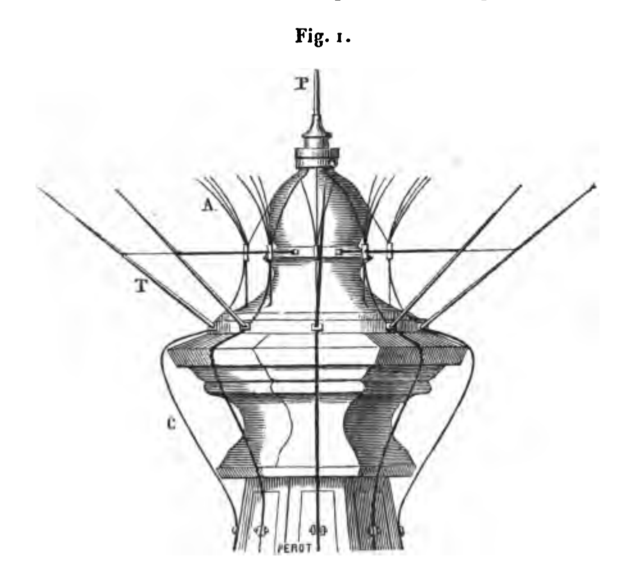
Plusieurs fois depuis le commencement de ce siècle l'hôtel de ville de Bruxelles a été frappé par la foudre. L'administration municipale, désirant mettre ce magnifique monument à l'abri de tout nouvel accident, chargea M. Melsens d'y installer des paratonnerres. Le problème consistait à protéger un vaste édifice au-dessus duquel s'élève une tour de 40^m qui est terminée par une flèche. Au-dessus l'image de saint Michel terrassant le dragon forme une immense girouette métallique. Pour parvenir à son but, l'auteur n'a pas manqué de suivre les instructions données par les diverses publications anglaises et allemandes et particulièrement celles de l'Académie des Sciences de Paris, instructions classiques dont il n'est pas permis de s'écarter. Mais ayant la conscience de la grande responsabilité qu'il avait assumée sur lui, en se chargeant d'un

(1) Le *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* ne contient qu'un exposé très-succinct du travail de M. Melsens. Les détails les plus minutieux se trouvent dans un volume qui est publié aux frais de la ville de Bruxelles, et qui porte, avec le titre que nous venons de faire connaître, le sous-titre : *Description détaillée des paratonnerres établis sur l'hôtel de ville de Bruxelles en* 1865.

pareil travail, il chercha à appliquer les instructions données en les perfectionnant. De ces perfectionnements est sorti un système qui est bien caractérisé par le titre même du Mémoire : 1° aux quelques tiges de paratonnerre qu'il est prescrit d'élever au-dessus des édifices, M. Melsens substitue une multitude de tiges et de courtes aigrettes ; 2° le conducteur du paratonnerre n'est pas unique : il est formé d'un grand nombre de gros fils qui descendent le long de divers côtés de l'édifice et ne se réunissent qu'au voisinage du sol ; 3° la communication avec le sol ne s'établit pas au moyen seulement de l'eau du puits où plonge le conducteur, mais aussi par l'intermédiaire des conduites d'eau et des tuyaux de gaz. Nous allons passer rapidement en revue chacun des trois points signalés.

1° La *fig.* 1 représente le sommet de la flèche octogone qui surmonte la tour. P est la base du pivot sur lequel peut tourner le

Fig. 1.



saint Michel terrassant le dragon qui la domine. L'inspection de cette figure montre la série de tiges T et d'aigrettes A qui se trouvent sur chaque face de l'octogone. Les tiges T n'ont que 2^m de longueur et sont inclinées de 45° environ, les aigrettes 50^c : les premières, en fer, sont terminées par des pointes de cuivre dorées ; les aigrettes sont en cuivre rouge, en forme de cônes très-

aigus, et aiguisées à la lime. De plus, l'archange qui est en métal et qui porte une épée dirigée vers le ciel, a toute l'efficacité d'une pointe de paratonnerre ordinaire. Le pivot P sur lequel il tourne et la chape sont constamment usés par les frottements du mouvement de rotation, et la communication entre toutes ces pièces se trouve parfaitement établie. A chaque étage de la tour est disposé un système d'aigrettes semblables au précédent; les tourelles, les clochetons, les hautes saillies, les toits de l'édifice en portent également. En tout on compte 428 pointes formant 60 aigrettes distribuées sur une dizaine de plans horizontaux. Mais ces aigrettes, quelque nombreuses qu'elles soient, sont d'un prix modique, vu leurs petites dimensions et la simplicité de leur construction. Ajoutons enfin que tout ce système, très-apparent sur la figure, est à peine visible du pied de l'édifice; la beauté architecturale n'est pas détruite. Voici le paratonnerre armé, occupons-nous du conducteur.

2° Du pivot de la girouette, M. Melsens a fait partir huit gros fils de fer galvanisés C, de 10^{mm} de diamètre, qui descendent le long de la flèche octogone, un le long de chaque face. Ces fils forment par leur ensemble un conducteur de section considérable, et cependant chacun est flexible et peut épouser la forme de l'édifice. Avant d'arriver aux toits des bâtiments de l'hôtel de ville, ces fils sont réunis plusieurs fois par d'autres fils qui enveloppent d'une ceinture la tour aux différents étages. Après avoir parcouru les toits, ils se réunissent dans une masse de zinc fondu puis solidifié.

3° La communication avec la terre est établie au moyen d'un large tuyau de fer étamé qui plonge dans un puits creusé dans la cour du monument. Un faisceau de fils de fer étamés, partant de la masse de zinc qui unit les conducteurs, est soudé à ce tuyau. Dans les temps de plus grande sécheresse la surface métallique en contact avec l'eau est au moins de 10^{mq}. Les communications avec les conduites d'eau et les tuyaux à gaz sont établies par l'intermédiaire de fils étamés qui partent aussi de la base des conducteurs. Des regards permettent de visiter les jonctions. Avec le galvanomètre, M. Melsens s'est assuré que ces deux derniers modes d'union du conducteur avec le sol étaient très-supérieurs à ceux qui sont prescrits par les instructions connues.

Par la courte analyse que nous venons de faire du Mémoire de

M. Melsens, on voit que les trois conditions essentielles pour qu'un paratonnerre soit efficace sont certainement remplies, plus certainement remplies que par les moyens prescrits. Si la foudre atteint jamais l'édifice et la tour en particulier, elle frappera les tiges, les aigrettes ou les huit conducteurs qui descendent en se reliant entre eux. Certes ces conducteurs, écartés de plusieurs mètres les uns des autres, sont loin de constituer une cage impénétrable à la foudre (1). Il faudrait pour cela qu'ils fussent très-rapprochés; mais, si le potentiel n'est pas constant dans tout l'espace qu'ils embrassent, ses variations sont notablement réduites et les forces électromotrices qui peuvent y être mises en jeu ne doivent laisser aucune inquiétude. M. Melsens ne craint pas de monter au sommet de la flèche par les plus forts orages, et il n'y a pas grande témérité.

Il reste enfin un dernier point qu'il est utile de signaler ; d'autant plus que jusqu'à ces derniers temps on a négligé de s'en occuper et cependant il a une grande importance; je veux parler de la vérification du paratonnerre. Les dispositions prises par M. Melsens rendent cette vérification facile. En faisant fondre le zinc qui est contenu dans la cuve où se rendent les huit conducteurs, on peut les en détacher, et la communication avec le sol est interrompue. D'ailleurs un fil métallique recouvert de gutta-percha descend du sommet de l'édifice ; là, à ce sommet, il se trouve constamment uni au système des conducteurs et arrive jusque près du sol. Un galvanomètre mis en relation avec ce fil et avec les conducteurs permet de vérifier la conductibilité de ceux-ci. Du reste, cette vérification ne doit pas empêcher de vérifier les conducteurs

---

(1) On trouvera dans le t. I, p. 29, du *Journal de Physique*, la description d'une expérience attribuée à tort à Faraday, mais qu'il faut restituer à de Romas, et même tome, p. 152, est donnée l'explication de cette expérience. Dans une cage, les points protégés qui sont compris à l'intérieur du solide s'obtiennent en menant des plans à une distance égale à la moitié de l'intervalle qui sépare les barreaux. Si les barreaux sont très-rapprochés, ce solide est à peu près égal à l'espace intérieur total. S'ils sont éloignés, il est fort réduit, et même il n'existe plus; le théorème précédent n'est même pas applicable. Ce dernier cas est celui des conducteurs Melsens. Pour reproduire la cage de Romas, il faudrait envelopper l'édifice à protéger dans un treillage métallique, ce qui ne se fera jamais, sauf peut-être pour les poudrières, qu'il vaudrait mieux construire tout entières en métal : cette construction ne serait pas sans doute d'un prix inabordable. Bien entendu, les parois intérieures recevraient un revêtement convenable.

et de s'assurer *de visu* de leur état de conservation. La visite des soudures est surtout nécessaire.

L'auteur termine son travail par un appendice qui indique les applications du système aux divers cas qui peuvent se présenter dans la pratique: églises, maisons d'habitation, fermes, etc.

Téléphones à courant de pile; par M. Antoine Bréguet.

J'ai l'honneur de présenter à la Société un résumé des diverses expériences entreprises jusqu'ici, en vue d'appliquer les courants des piles à la téléphonie, au téléphone Bell en particulier.

Je dirai tout d'abord pourquoi cette application a sa raison d'être:

Dans les téléphones à induction, comme celui de Bell, la limite de puissance des sons perçus ne peut évidemment dépasser la puissance des sons émis, puisqu'ils n'ont pour cause unique que la force vive de ces derniers. Mais il n'en est pas de même si l'on n'utilise la force vive des sons à leur départ que pour ouvrir une porte d'accès à des courants provenant d'une source voltaïque quelconque. Alors, c'est l'énergie de cette source qui est employée à produire les sons dans l'appareil récepteur, et comme la source peut être prise aussi puissante qu'on le veut, on conçoit aisément que les sons perçus puissent même dépasser en intensité les sons émis.

C'est cette considération, qui a conduit M. Edison à la réalisation d'un téléphone fonctionnant par la pile.

Dans cet ordre d'idées, il fallait renoncer, pour transmettre le timbre des sons, à se servir des procédés qui caractérisent les instruments de MM. Reis, Paul Lacour, Warley, etc.

Dans ces appareils, les organes (membranes ou diapasons) en vibration déterminent l'émission de courants de pile, en fermant un circuit métallique à chacune des périodes extrêmes de chaque vibration. Ces courants servent à faire vibrer synchroniquement les organes similaires au port d'arrivée; mais c'est là, pour ainsi dire, une analyse quantitative et non qualitative des vibrations

Leur nombre est transmis fidèlement, mais non leur amplitude et leur forme, qui correspondent respectivement à l'intensité et au timbre. Il fallait donc trouver le moyen de faire varier l'intensité du courant permanent d'une pile, en concordance avec les mouvements élémentaires d'un organe vibrant. M. Edison avait reconnu à la plombagine la propriété de présenter d'autant moins de résistance au courant, qu'elle est soumise à une pression plus forte. MM. Garnier et Pollard réalisèrent à Cherbourg les conditions d'expériences de M. Edison, en se servant d'un porte-crayon ordinaire à mine de plomb, dont la pointe était mise en contact avec la partie centrale d'une petite membrane de fer-blanc. Le crayon et la membrane étaient alors interposés dans le circuit d'une pile de dix éléments Leclanché, ainsi qu'un téléphone Bell ordinaire au poste de réception. Sous l'influence de la voix, la plaque de l'appareil transmetteur entre en vibration et la pointe de graphite subit une série de modifications dans son contact avec la plaque, sans que ce contact soit jamais rompu. Ces modifications se traduisent par des variations dans la résistance du circuit, au point de contact même et, par conséquent, par des variations dans l'intensité du courant permanent de la pile. On conçoit dès lors que ce courant influence la membrane du téléphone récepteur de façon à lui faire rendre des sons, absolument comme dans le véritable appareil de Bell. M. Salet, en même temps que MM. Garnier et Pollard, avait de son côté répété l'expérience de M. Edison; mais craignant, dans les conditions où s'étaient placés ces expérimentateurs, l'usure de la pointe de plombagine et les modifications perturbatrices de contact qui s'ensuivraient, il renversa l'expérience et se servit de pointes métalliques mousses, solidaires d'une plaque vibrante et légèrement pressées sur une surface plane de graphite. M. Salet porta aussi ses essais sur le charbon de cornue, qu'il substitua à la plombagine, et dans ce cas, au lieu de pointes mousses, il employa une véritable surface métallique, dont la pression variable sur le charbon donnait les variations correspondantes de courant.

Ces diverses expériences m'ont fait penser que c'était peut-être à tort que M. Edison avait attribué à la pression le rôle de modifier la résistance électrique de la plombagine. Le simple contact entre deux surfaces conductrices quelconques devient nécessaire-

ment plus intime lorsque ces surfaces sont pressées l'une contre l'autre, et la pression n'a ici pour effet que de mettre en contact un plus grand nombre de points, ce qui diminue évidemment la résistance au passage du courant. Pour un courant de quelques éléments Leclanché, c'est surtout avec des substances qui ne sont pas de très-bons conducteurs, comme le graphite et le charbon de cornue que l'expérience d'Edison peut réussir. Pour des surfaces métalliques, le contact sans pression est déjà assez parfait, et la résistance au courant est déjà trop faible pour qu'un contact plus intime, produit par la pression, puisse amener une diminution appréciable dans la résistance. Mais, en employant des courants un peu plus énergiques et des métaux dont la surface présente l'aspect d'une lime, j'ai pu voir très-nettement l'expérience d'Edison se réaliser pour ces nouvelles substances et les employer à faire fonctionner un téléphone Bell, comme le charbon de cornue de M. Salet.

SÉANCE DU 1er FÉVRIER 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 18 janvier est lu et adopté.

Il est procédé à la nomination de quatre membres honoraires, dont deux en remplacement de M. Becquerel et Regnault.

Sont élus : MM. Fizeau, membre de l'Institut; Joule, de Manchester; Stokes, de Cambridge; Broch, de Christiania.

Le trésorier expose l'état financier de la Société et fait le résumé des dépenses et des recettes pour l'année 1877.

MM. Bourdon, Lechat et Maurat, sont nommés membres de la Commission des comptes.

Sont élus membres de la Société : MM. David Napoli, chimiste au chemin de fer de l'Est; G. Trouvé, ingénieur électricien à Paris; Morris, inspecteur des lignes télégraphiques à Paris; Roosevelt, ingénieur à Paris; Eugène Pérignon à Paris; Sylvanus Gotendorf à Paris.

M. le Secrétaire général, lit une lettre de M. Reynier d'après laquelle on devrait attribuer une grande partie des pertes de rendement des machines magnéto ou dynamo-électriques à la chaleur en laquelle se convertissent les nombreux courants induits, dont les pièces de fer mobiles de certaines de ces machines sont le siége pendant le mouvement. M. Reynier cite quelques expériences à l'appui de cette opinion.

M. Jablochkoff montre les condensateurs qu'il a appliqués à l'éclairage électrique, et qui lui ont permis de répartir en plusieurs lampes l'électricité d'une source unique ou, comme il le dit, de canaliser l'électricité.

M. Jamin a étudié la distribution du magnétisme sur des barreaux soumis à des aimantations et désaimantations successives au sein d'une bobine large et plus longue que les barreaux, en employant pour cela la méthode de Van Ries. Il a reconnu qu'un barreau désaimanté ne revient pas à l'état neutre, mais présente en réalité deux points conséquents, comme M. Bouty l'avait annoncé en faisant l'étude des moments magnétiques.

Il indique la loi d'après laquelle varie l'aimantation temporaire ou permanente d'un barreau successivement aimanté ou désaimanté.

Enfin il démontre que l'on peut représenter l'aimantation temporaire ou permanente acquise par un barreau, sous l'influence de courants d'intensité variable, à l'aide de courbes paraboliques construites en prenant pour abscisses les déviations d'une boussole des tangentes traversée par le courant, et pour ordonnées les quantités de magnétisme correspondantes.

Canalisation des courants électriques; par M. Jablochkoff.

Depuis Volta, plusieurs électriciens ont chargé des condensateurs ou des bouteilles de Leyde avec le courant des piles à grande tension. Les recherches les plus intéressantes dans ce sens ont été faites, en Angleterre, par M. Warren de la Rue, et en France par M. Gaston Planté.

De mon côté, j'ai appliqué des bouteilles de Leyde d'une très-grande surface pour distribuer, en plusieurs points différents, le

courant donné par une source unique d'électricité, en vue d'applications à l'éclairage. J'ai travaillé principalement avec les machines à courants alternatifs, et j'ai obtenu des résultats qui, pour leur explication, exigent d'abord une définition générale et une dénomination particulière des appareils employés.

Ces appareils sont de la nature des bouteilles de Leyde et ont l'aspect des condensateurs. Ils se composent de grandes surfaces de feuilles métalliques, séparées par des feuilles isolantes de verre, de gutta, d'étoffes gommées, etc.; selon leur disposition, ils me servent pour produire différents phénomènes nouveaux.

Comme j'opère avec le courant alternatif, il ne peut y avoir de condensation d'électricité pendant un certain temps, pour produire ensuite une décharge instantanée. C'est pourquoi je ne puis nommer ces appareils *condensateurs*. M. Warren de la Rue a nommé *accumulateurs* la série d'appareils servant pour un but que j'expliquerai plus bas, et *excitateurs* la série d'appareils servant pour l'autre but. Je conserverai ces dénominations, en expliquant les différents effets produits par ces appareils.

Voici ces effets. Je réunis l'un des conducteurs d'une machine à courants alternatifs avec l'une des surfaces des appareils que je viens de décrire et que je nommerai, dans ce cas, *excitateurs*. Par l'autre surface de ces excitateurs et le second conducteur (ou la terre), je reçois d'une manière constante un courant alternatif, qui peut être recueilli de différentes façons. On peut, ou bien réunir ensemble les secondes surfaces des appareils, et recueillir le courant par un seul conducteur sur le trajet duquel on placera les foyers lumineux; ou bien faire partir de la seconde surface de chaque appareil un conducteur distinct, et placer sur chacun de ces conducteurs des foyers lumineux. En opérant de l'une ou de l'autre façon, l'expérience m'a montré que l'effet du courant, dans le premier cas, est bien supérieur à l'effet du courant donné directement par la machine. Dans le second cas, la somme totale des effets partiels est aussi supérieure à l'effet du courant primitif.

Par exemple, si, sur le passage du courant d'une machine à courants alternatifs, susceptible seulement de donner une étincelle d'arrachement équivalente à celle de six à huit éléments Bunsen, on interpose une série d'excitateurs dont la surface représente à peu près 500^{mc}, on peut produire un arc voltaïque de 15 à 20^{mm},

et les charbons de 5^{mm} de diamètre rougissent sur une longueur de 6 à 10^{mm} à partir de leur extrémité.

Si, sur le courant d'une bobine d'induction alimentée par un courant alternatif et donnant ainsi une étincelle de 5^{mm}, j'interpose de la même façon un excitateur d'environ 20^{mq} de surface, je reçois un arc voltaïque de 30^{mm}, et, dans ce cas, les charbons de 4^{mm} de diamètre rougissent aussi sur une longueur de 6 à 10^{mm} à leur extrémité.

Je me bornerai aujourd'hui à citer ces faits d'expériences, ajournant toute explication théorique jusqu'au moment où je pourrai avoir des bases plus précises.

Si maintenant, étant donnés un certain nombre de ces appareils, je réunis les secondes surfaces d'un ou de plusieurs d'entre eux avec le second conducteur de la machine ou la terre, j'obtiens, entre les appareils qui restent disposés comme plus haut et le second conducteur de la machine, des effets qui se rapprochent davantage des effets statiques. Ceux des appareils dont les surfaces sont réunies, l'une avec un des conducteurs de la machine, l'autre avec un autre conducteur ou la terre, sont nommés, par M. Warren de la Rue, *accumulateurs*.

SÉANCE DU 15 FÉVRIER 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er février est lu et adopté.

M. le comte Léopold Hugo est élu membre de la Société.

M. le comte L. Hugo envoie une note intitulée : *Sur le nombre des granulations discernables d'après la photographie solaire fournie par l'appareil de Meudon.*

En étudiant la photographie solaire donnée par M. Janssen dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, il trouve que la surface du Soleil présente un nombre de grains égal à 1 300 000.

M. Vincent répète des expériences sur l'emploi du chlorure de méthyle pour la production des basses températures.

M. Cornu communique à la Société le résultat de ses travaux sur le spectre normal ultra-violet.

M. Antoine Bréguet rend compte de quelques expériences nouvelles faites sur le téléphone.

Sur le nombre des granulations discernables d'après la photographie solaire, fournie par l'appareil de Meudon.

(Extrait d'une Lettre de M. le comte Léopold Hugo).

..... En considérant l'épreuve photoglyptique donnée par M. Janssen dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1878, comme représentant l'état moyen de la surface de ce disque, j'ai effectué le calcul ci-après :

L'image obtenue avait en entier $30^c,5$ de diamètre, et la photographie résulte d'un agrandissement au triple.

Le diamètre du disque est ainsi de $91^c,5$ à 92^c, et représente un globe, une sphère de même diamètre.

Une pareille sphère aurait une surface totale (égale à quatre grands cercles) de $26\,000^{cq}$.

Maintenant, si l'on étudie la photographie de l'*Annuaire*, on y trouve en moyenne, par centimètre carré, 50 granulations lumineuses.

Ainsi le résultat de mon calcul est que la surface du Soleil présente un nombre de grains égale à 1 300 000, soit un tiers de plus que le million, seulement.

D'après M. Janssen, ces granulations, individuellement d'une dimension de 1″ d'arc, sont comprises dans les mailles d'un réseau *photosphérique* dont les éléments (les mailles) ont une dimension, d'ailleurs variable, approchant de 1′ d'arc.

Supposons que le rapport des grandeurs soit de 50 environ, le rapport des surfaces sera de 2500 ou 3000 environ.

C'est-à-dire que chaque maille photosphérique comprendra dans son contour, souvent polygonal, trois milliers de *cumulus* incandescents.

Nous aurons donc pour la surface entière du réseau environ 4 à 500 éléments polygonaux, et 200 à 250 de ces éléments, plus ou moins obliquement placés, se trouvent à la fois en regard de l'objectif de l'appareil.

Emploi du chlorure de méthyle comme agent frigorifique;
par M. Camille Vincent.

Le chlorure de méthyle peut être appliqué judicieusement à la production du froid dans les laboratoires. Je crois utile, avant d'examiner cette application, de rappeler quelques-unes des propriétés physiques de ce corps, et d'exposer sommairement un procédé nouveau de préparation qui permet de l'obtenir en abondance industriellement.

Le chlorure de méthyle, dont la composition est représentée par la formule C^2H^3Cl, est gazeux à la température ordinaire; il est incolore, et possède une odeur douce et une saveur sucrée rappelant celle du chloroforme. Soumis à la compression, il se résout facilement en un liquide incolore et très-mobile, dont la tension de vapeur est de $3^m,13$ de mercure à la température de 15°. Ce liquide entre en ébullition à —23° sous la pression de $0^m,76$ de mercure.

Le chlorure de méthyle a été découvert en 1835 par MM. Dumas et Peligot, qui le préparaient en traitant l'alcool méthylique par un mélange de sel marin et d'acide sulfurique. Il y a eu jusqu'ici peu d'applications de ce corps, en raison de son prix élevé et de la difficulté de sa préparation industrielle à l'état de pureté.

Ayant été conduit à étudier les produits complexes qui se dégagent pendant la calcination des vinasses de betteraves, pour la fabrication du salin ([1]), j'y ai trouvé toute une série de produits intéressants, et entre autres une quantité considérable de tri-

---

([1]) Les mélasses, résidus de la fabrication du sucre, sont utilisées pour la préparation de l'alcool. On les étend d'eau, on les fait fermenter, on les distille, et le résidu liquide est la *vinasse*.

méthylamine $Az(C^2H^3)^3$. Voulant utiliser cette matière alcaline très-abondante, j'ai étudié ses principales combinaisons, et en particulier son chlorhydrate. Le chlorhydrate de triméthylamine soumis à l'action de la chaleur se décompose nettement vers 295° en triméthylamine libre, chlorure de méthyle et chlorhydrate de monométhylamine, qui reste dans l'appareil; en continuant l'action de la chaleur, ce dernier se décompose à son tour en ammoniaque et en chlorure de méthyle. Les deux équations suivantes expliquent ces deux réactions successives:

$$3\,Az(C^2H^3)^3, HCl = 2\,Az(C^2H^3)^3 + 2\,C^2H^3Cl + Az(C^2H^3), H^2HCl;$$
$$Az(C^2H^3), H^2HCl = C^2H^3Cl + AzH^3.$$

Le mélange gazeux étant traité par un acide abandonne ses produits alcalins, tandis que le chlorure de méthyle reste à l'état de pureté. Ce gaz, étant desséché, est ensuite comprimé.

Il y a donc là une source abondante de chlorure de méthyle pur qui en permet de larges applications. J'ai pensé que ce produit trouverait un emploi judicieux dans les laboratoires pour produire de basses températures économiquement. On peut facilement transporter le chlorure de méthyle dans des vases métalliques relativement minces, et l'avoir en provision pour les expériences.

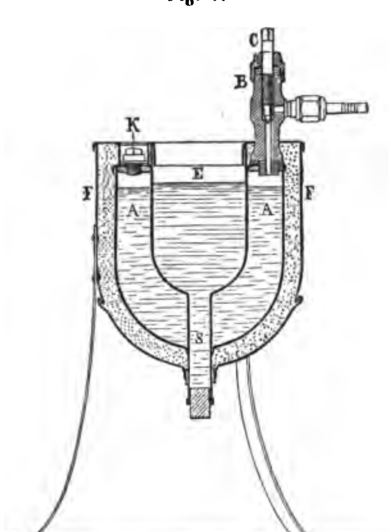
Si on le fait jaillir dans un vase ouvert, il entre aussitôt en vive ébullition pendant quelques instants, puis l'ébullition s'arrête, et l'on a alors un bain à — 23° dans lequel on peut plonger les corps à refroidir. Si l'on vient à activer l'évaporation du chlorure de méthyle par une simple injection d'air, on peut abaisser de beaucoup la température de la portion restée liquide et solidifier en quelques instants des quantités considérables de mercure. Un thermomètre à alcool plongé dans le liquide descend dans ces conditions à — 55° environ.

Ce mode opératoire, assez primitif, ne se prête pas aux exigences du laboratoire, et j'ai pensé qu'il serait utile de faire un appareil simple, peu coûteux, permettant de maintenir pendant plusieurs heures un bain de 1^{lit} environ de liquide incongelable, soit à la température constante de — 23°, soit à une température plus basse allant jusqu'à — 50°. Le frigorifère que j'ai fait construire à cet effet se compose d'un vase cylindrique en cuivre à doubles parois A

(*fig.* 1), entre les deux enveloppes duquel on peut introduire du chlorure de méthyle, à l'aide d'un robinet B formé d'une tige d'acier filetée C, terminée par un cône s'appliquant sur un siége en bronze, et que l'on peut facilement manœuvrer à l'aide d'une poignée. Une vis K, s'appliquant sur une rondelle en plomb, étant légèrement desserrée, laisse échapper l'air et permet au chlorure de se précipiter rapidement dans l'appareil.

Le chlorure de méthyle étant en provision dans un cylindre en cuivre servant à son transport, et portant un robinet à vis pareil à celui du frigorifère, on le fait facilement passer dans ce dernier appareil au moyen d'un tube en caoutchouc renforcé par des toiles. On peut introduire ainsi 2^{kg},500 environ de chlorure dans l'appa-

Fig. 1.



reil ; on verse alors dans le vase central E un liquide incongelable, de l'alcool par exemple, pour former le bain dans lequel on pourra plonger tous les corps à refroidir. Tout l'appareil est entouré de matières peu conductrices de la chaleur, telles que de la râpure de liége, maintenues par une enveloppe F, afin d'éviter l'échauffement par l'air ambiant.

Les choses étant ainsi disposées, l'appareil est prêt à fonctionner et, pour abaisser la température du bain à — 23°, il suffit alors

d'ouvrir le robinet B. Le chlorure de méthyle entrant aussitôt en ébullition, la température s'abaisse rapidement, et au bout de quelques instants le bain d'alcool se trouve à — 23°. Si l'on veut obtenir une température beaucoup plus basse, il suffit de relier le tube de sortie du frigorifique avec une forte machine pneumatique et de faire le vide. On peut ainsi faire des expériences de liquéfaction de gaz et de solidification de liquide qui exigent encore aujourd'hui l'emploi du protoxyde d'azote liquide ou de l'acide carbonique solide.

Une belle expérience que ce nouvel appareil permet de faire est la cristallisation du mercure. On la réalise en maintenant pendant quelques instants un matras plein de mercure, plongé dans le bain refroidi; puis, le retirant de temps en temps pour l'examiner, on saisit le moment où la plus grande partie du mercure est solidifiée, et l'on fait vivement écouler la portion encore liquide. On replonge aussitôt le matras dans le bain pour le refroidir davantage et l'on peut alors le retirer et l'examiner pendant quelques instants. On obtient ainsi de magnifiques cristaux brillants de mercure. A cette basse température l'alcool servant de bain est sirupeux et adhère au verre.

Si l'on se propose de refroidir un courant gazeux pour le condenser totalement ou partiellement, on peut disposer dans le vase central E un tube en U dont la partie inférieure porte un ajutage pour l'écoulement du liquide condensé. Le frigorifère porte à cet effet une gaîne S pour la sortie de l'ajutage.

Je pense que cet appareil, très-simple, d'un prix peu élevé et d'un fonctionnement facile, pourra rendre des services dans les laboratoires.

Je fais construire en ce moment des appareils de laboratoire plus complets que le précédent, qui porteront une pompe aspirante et foulante, permettant de faire le vide dans le frigorifère, de liquéfier et de faire rentrer dans l'appareil le chlorure de méthyle vaporisé.

Le chlorure de méthyle, fabriqué industriellement, est livré dans des vases en cuivre ne présentant aucun danger dans leur maniement (1).

(1) M. Brigonnet, fabricant de produits chimiques à Saint-Denis, fabrique le chlorure de méthyle pur par mes procédés, et le livre à l'industrie chimique au prix

Etude du spectre solaire ultra-violet; par M. A. Cornu.

L'étude des radiations solaires est l'une des branches les plus fécondes de l'optique et l'une des sources les plus précieuses de nos connaissances sur la constitution du Soleil. Bien que cette étude ait été déjà poussée fort loin par des physiciens éminents, elle offrira encore longtemps un champ fertile d'explorations et conduira à des points de vue nouveaux et à des rapprochements inattendus. C'est ce qui ressortira, je l'espère, du travail que j'ai l'honneur de soumettre à la Société.

Ce travail est la continuation du beau Mémoire d'Angström sur le *Spectre normal du Soleil* et son extension au delà du spectre visible, auquel le savant suédois s'était arrêté. Il comprend toute la partie ultra-violette de ce spectre; il est résumé par deux planches faisant suite à l'Atlas d'Angström, dans le même format et à la même échelle.

J'ai divisé ce travail en deux Parties : la première comprenant la portion du spectre ultra-violet observable avec les spectroscopes ordinaires des laboratoires munis d'objectifs et de prismes en verre; elle s'étend depuis le violet extrême, c'est-à-dire depuis la raie h' ($\lambda = 410,10$), jusqu'à la raie O ($\lambda = 343,97$); le reste des radiations est absorbé par la matière même des objectifs et des prismes. La planche qui résume ce travail a paru dans les *Annales de l'École Normale*, t. III, 1874.

La deuxième Partie, résumée par une planche actuellement en cours de gravure, s'étend depuis la raie O jusqu'à l'extrémité ultra-violette observable photographiquement à l'aide d'un spectroscope dont les objectifs sont en quartz et le prisme en spath d'Islande : cette limite correspond à la raie U ($\lambda = 294,80$).

Les raies sombres du spectre solaire sont, comme dans l'ensemble du Mémoire, rangées suivant l'échelle *normale*, c'est-à-dire par

---

de 4^{fr} le kilogramme, dans des cylindres en cuivre en renfermant $2^{kg},500$, 25^{kg} ou 100^{kg}; il livrera cependant au même prix aux laboratoires, même pour $2^{kg},500$. MM. Crespin et Marteau, ingénieurs-constructeurs à Paris, construisent les appareils frigorifères.

ordre de longueur d'onde. J'ai été assez heureux pour étendre d'une manière notable la partie déjà décrite de ce spectre. Les déterminations des longueurs d'onde des raies principales n'ont pas été sans présenter de grandes difficultés, à cause de la faiblesse des radiations de grande réfrangibilité. J'ai toutefois réussi à obtenir celles des raies O, P, Q, R, *r* et S avec la lumière solaire directe, en opérant par réflexion sur un réseau tracé sur verre.

Pour les radiations plus réfrangibles, trop faibles dans la lumière solaire pour être utilisées dans ces déterminations, après m'être assuré de la coïncidence des raies sombres de cette région du spectre solaire avec les raies du spectre de l'étincelle du fer (cette coïncidence peut s'établir qualitativement avec une perfection bien supérieure à l'approximation des mesures), j'ai déterminé les longueurs d'onde de ces raies avec la plus grande facilité.

Voici les valeurs qui ont servi de repères pour la construction des planches de la deuxième partie du spectre ultra-violet :

Raie	O.....	$\lambda = 343,97$	Raie	*r*.....	$\lambda = 314,42$
»	P.....	335,93	»	S_2.....	309,95
»	Q.....	328,49	»	T.....	301,97
»	R.....	317,90	»	U.....	294,80

Les valeurs relatives aux quatre premières raies s'accordent très-bien avec celles de M. Mascart, dont j'ai d'ailleurs adopté les notations jusqu'à la raie S; au delà, la faiblesse de l'impression photographique, qui avait empêché M. Mascart de pousser plus loin que R la détermination des longueurs d'onde, se fait sentir dans le dessin que cet habile physicien a donné comme résumé de son travail, du moins dans la partie voisine de la limite observable.

Ainsi déjà la raie S donnée comme simple est au moins double; aussi ai-je préféré adopter comme repère la grosse raie immédiatement contiguë; elle est cependant triple, mais elle est très-précieuse, parce que ses trois composantes sont égales et équidistantes; de plus elle correspond exactement à une raie très-brillante du spectre de la vapeur de fer, qui, dans l'arc électrique, se résout en trois raies excessivement nettes. En nommant S_2 ce groupe, il n'y aura aucune confusion possible.

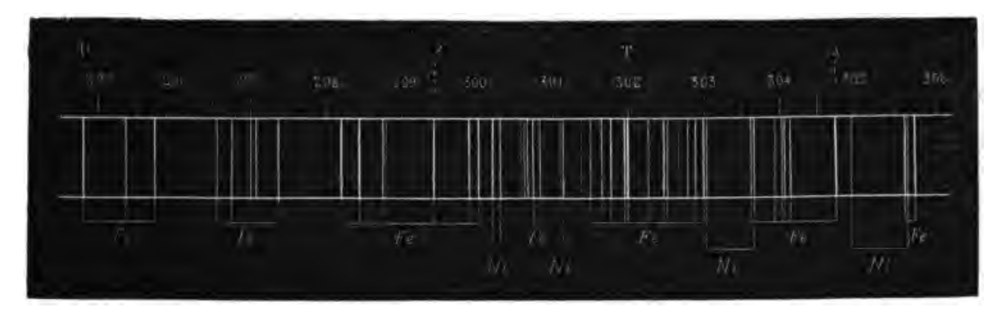
Quant à la raie T, qui forme la limite de la région observée par M. Mascart, je n'ai pu établir avec certitude la correspondance de

son dessin avec mes clichés ; j'ai donc donné ce nom à une très-grosse raie double dont l'importance est plus considérable, et qui a de plus l'avantage, comme la raie S_2, de correspondre à une raie double très-brillante du spectre de la vapeur de fer.

Enfin, à la limite de la région que j'ai pu observer, se rencontre une raie sombre correspondant aussi à une raie importante du fer, et pour laquelle je propose provisoirement la dénomination de U.

Pour rendre plus claire cette description de la partie nouvelle du spectre ultra-violet, voici un dessin comprenant les raies simples principales, celles qui donnent à cette partie du spectre sa physionomie propre.

Fig. 1.



Cette figure est extraite du dessin détaillé dont il a été question plus haut ; elle commence à la raie que je propose de nommer *s*, à cause de la facilité avec laquelle elle se distingue des autres entre les raies S et T, et se termine à la limite de visibilité du spectre solaire.

Cette limite ne dépend plus, comme dans le cas des spectroscopes ordinaires construits en crown-glass ou en flint-glass, du pouvoir absorbant des milieux transparents employés, puisque l'appareil est construit en quartz et en spath d'Islande. On s'en assure aisément par l'observation photographique des radiations brillantes des spectres métalliques dont la réfrangibilité s'étend extrêmement loin. Pour fixer les idées, on sait qu'avec un prisme de spath d'Islande (rayon ordinaire) d'un angle de 60° on peut observer des radiations déviées de plus de 70° ; avec les radiations solaires, les impressions photographiques cessent d'être visibles pour une déviation d'environ 60°.

D'où vient cette limitation du spectre solaire dans la région ultra-violette? Une série d'études préliminaires m'a permis de reconnaître la cause de cette limitation spontanée du spectre solaire et de déterminer les conditions les plus favorables à l'extension de cette limite. Cette cause n'est autre que l'absorption atmosphérique; il suffit, en effet, d'observer méthodiquement l'impression photographique du spectre solaire ultra-violet pendant toute une journée pour reconnaître que l'étendue du spectre varie dans le même sens que la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon. L'expérience montre que le maximum d'étendue se présente entre 11^h du matin et $1^h\ 30^m$ de l'après-midi.

Comme on devait s'y attendre, c'est à l'époque du solstice d'été qu'on obtient le *maximum maximorum* d'étendue du spectre : c'est par des observations effectuées à cette époque de l'année que j'ai pu étendre jusqu'à la raie U la description du spectre représenté ci-dessus; mais ce qu'on ne pouvait guère prévoir, c'est l'étendue du spectre qu'on obtient encore en hiver, même dans l'atmosphère embrumée de Paris, à l'époque du solstice d'hiver; des clichés obtenus récemment ont donné, un peu après-midi, des impressions photographiques qui atteignent presque la raie T.

Il résulte de ces faits la conséquence très-curieuse, qu'à égalité de hauteur du Soleil, le spectre solaire observé est notablement plus étendu en hiver qu'en été.

Ce résultat s'explique d'une manière très-simple, si l'on attribue à la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère le pouvoir absorbant qui limite le spectre solaire ultra-violet. En effet, la quantité de vapeur d'eau contenue par mètre cube dans l'atmosphère est beaucoup plus grande en été qu'en hiver. Si l'on adopte l'état hygrométrique moyen 0,75, la pression moyenne 760 millimètres, la température zéro pour le solstice d'hiver et 30° pour la température moyenne à midi au solstice d'été, on trouve respectivement $3^{gr},6$ et $25^{gr},0$, c'est-à-dire qu'il existe près de sept fois plus de vapeur d'eau dans les basses régions de l'atmosphère terrestre en été qu'en hiver.

Cette action de la vapeur d'eau sur les radiations solaires a d'ailleurs été invoquée par plusieurs physiciens (Angström, Janssen) dans l'étude du spectre visible, pour l'explication des raies et bandes désignées quelquefois sous le nom de *raies atmo-*

phériques. Dans le spectre ultra-violet, cette absorption ne paraît pas localisée sous forme de raies ou de bandes; l'action est continue sans maxima appréciables.

Il reste à dire quelques mots des autres perfectionnements expérimentaux qui m'ont permis d'aller plus loin que mes devanciers, comme étendue du spectre et comme finesse de détails; en voici l'énumération :

1° La substitution d'un prisme à réflexion totale en quartz, au miroir métallique de l'héliostat;

2° Le calcul rationnel des courbures des lentilles de quartz du spectroscope, par la condition de donner le minimum d'aberration pour une grande ouverture angulaire $(\frac{1}{10})$;

3° L'égalité d'épaisseur et le signe contraire du pouvoir rotatoire des deux lentilles de quartz : on compense ainsi certaines aberrations;

4° La perfection de taille des faces du prisme de spath d'Islande;

5° L'emploi d'une lentille de quartz concentrant les rayons solaires sur la fente du spectroscope : cette addition, loin de troubler les images, comme cela a lieu lorsque l'aplanétisme des diverses parties du spectroscope, ou leur réglage optique, n'est pas très-complet, apporte un accroissement considérable dans l'intensité des impressions photographiques et une grande perfection de détails, parce qu'on peut resserrer la fente sans cesser d'avoir l'éclat nécessaire à la formation des clichés.

Cette description des raies sombres du spectre solaire a été complétée par l'étude comparative des raies brillantes des vapeurs métalliques : les résultats obtenus me paraissent d'un grand intérêt au point de vue de l'Astronomie physique.

On sait que dans le spectre visible du Soleil la presque totalité des raies sombres correspond exactement à des raies brillantes des spectres des vapeurs métalliques; ce renversement dans l'apparence des raies n'est qu'un effet de contraste et s'explique par l'existence sur le Soleil d'une couche de vapeurs à une température relativement basse, absorbant partiellement les radiations du spectre continu d'un fond plus brillant. L'étude comparative de ces spectres a constitué une vraie méthode d'analyse qualitative et a conduit à

mettre hors de doute l'existence sur le Soleil d'un certain nombre d'éléments chimiques terrestres.

L'extension de cette étude aux raies sombres du spectre ultraviolet, en agrandissant le champ de comparaison, m'a permis d'aller plus loin dans cette voie, et d'aborder, jusqu'à un certain point, l'analyse quantitative des éléments de cette couche absorbante, à l'action de laquelle les raies sombres du spectre solaire sont attribuées. Voici le résumé de cette étude :

On remarque tout d'abord que les groupes de raies intenses sont inégalement répartis sur toute l'étendue du spectre solaire : la partie la moins réfrangible n'en contient à peu près aucun (en mettant à part les bandes et raies atmosphériques) ; ce n'est qu'à partir du bleu indigo que commencent les groupes sombres dont le groupe G est un type ; on rencontre ensuite les deux raies H, K, larges et estompées, qui se détachent sur un fond relativement clair, puis les groupes très-sombres LMNOP; au delà vient un espace plus clair encore, sur lequel se détache la raie Q, puis les groupes voisins de R et de *r*; un nouvel espace assez brillant conduit aux groupes sombres STU.

L'examen comparatif des spectres des vapeurs métalliques montre de prime-abord que ces masses de raies sombres correspondent en général aux raies brillantes du spectre de la vapeur de fer qui comprend à lui seul la presque totalité des groupes GLMNOQSTU et plusieurs des groupes voisins de R.

Les deux grosses raies H et K correspondent au calcium, ainsi que deux raies analogues constituant R et le groupe compris entre R et *r*.

C'est au nickel que se rapportent la plupart des raies importantes, comprises entre O et P, ainsi qu'un nombre très-notable de raies dans la région STU (*voir* la figure précédente).

Les autres métaux magnétiques, cobalt, manganèse, chrome, fournissent des raies de moindre importance ; le titane présente un très-grand nombre de coïncidences, mais avec des raies en général très-faibles, excepté entre Q et R où leur importance est plus grande ; l'étain offre des coïncidences qui, malgré leur petit nombre, paraissent non équivoques.

Le magnésium fournit quatre raies triples d'apparence identique, que je nommerai b (Fraunhofer) dans le vert, b' entre K et L, b''

entre P et Q, et b''' entre S et T; elles sont, à l'exception de b'', qui est relativement faible dans le spectre du magnésium, très-intenses dans le spectre solaire.

L'aluminium donne deux raies fort nettes entre H et K, et deux autres analogues entre S et T. Le sodium qui produit la raie D du spectre visible ne donne, dans l'ultra-violet, qu'une raie double assez pâle entre P et Q. Enfin le glucinium paraît être représenté par quelques raies faibles.

Tels sont, en y joignant l'hydrogène qui donne quatre raies sombres CFG′ (près de G) et *h*, les éléments chimiques fournissant les coïncidences les plus remarquables avec les raies du spectre solaire.

Le caractère général des groupes de raies sombres du spectre solaire correspondant à un même métal est de présenter une intensité relative tout à fait en rapport avec l'éclat des raies brillantes correspondantes du spectre métallique : il y a donc une véritable proportionnalité entre le pouvoir émissif des vapeurs métalliques incandescentes et leur pouvoir absorbant, ce qui est d'ailleurs la base de l'explication du renversement des raies solaires (Foucault, Angström, Stockes, Kirchhoff). Si l'on joint à cette remarque la considération de l'éclat intrinsèque moyen du spectre de chaque élément chimique dans les régions à comparer, on arrive à conclure que l'intensité des raies sombres du spectre solaire est caractéristique de la quantité relative des différentes vapeurs métalliques qui, à la surface du Soleil, sont la cause de ces raies sombres. L'établissement d'une méthode d'analyse quantitative fondée sur ces considérations exigerait encore bien des efforts; mais, si l'on cherche seulement à se rendre un compte approché de la composition de cette couche absorbante qui forme l'enveloppe extérieure du Soleil, les observations présentes suffisent pour une première approximation.

Dans cette manière de voir, la vapeur de fer serait de beaucoup plus abondante, à cause du nombre et surtout de l'intensité des raies sombres qui lui correspondent dans le spectre solaire.

Le nickel et le magnésium viendraient en second lieu; le calcium, dont le spectre possède un éclat intrinsèque si grand pour les deux raies HK qui le caractérisent, doit entrer dans une proportion moindre que l'intensité de ces raies ne pourrait le faire

supposer; viennent ensuite l'aluminium, le sodium et l'hydrogène, enfin le manganèse, le cobalt, le titane, le chrome et l'étain.

Telle serait approximativement la liste, par ordre de quantité, des éléments volatilisés à la surface du Soleil. En examinant cette liste, où le fer, le nickel et le magnésium jouent un si grand rôle, on est immédiatement frappé de l'analogie de cette composition avec celle des aérolithes, dont la majeure partie est formée de fer allié à $\frac{1}{10}$ de nickel : dans les fers météoriques, cet alliage est presque pur; dans les météorites pierreuses, le fer nickelé est mêlé à des silicates magnésiens de compositions diverses.

Cette étude du spectre conduit donc à la conclusion suivante : *La position et l'éclat relatif des raies sombres du spectre solaire s'expliquent par l'action d'une couche absorbante existant sur le Soleil, couche dont la composition serait analogue à celle d'aérolithes volatilisés.*

Les conséquences de ce fait, révélé par l'analyse spectrale des radiations solaires, touche d'une manière si directe aux grands problèmes de la Physique cosmique et de l'Astronomie, qu'il me paraît utile de les indiquer, avec toute la réserve que comporte d'ailleurs un sujet aussi délicat.

1° *Probabilité d'une action magnétique directe sur le Soleil.* — Si la couche extérieure du Soleil contient, comme les aérolithes, une proportion considérable de vapeurs de fer, la masse absolue de ce métal répartie sur la surface du Soleil doit être très-grande, vu l'énorme diamètre de cet astre, et doit exercer une action appréciable sur les phénomènes magnétiques terrestres.

On pourrait objecter que le fer, porté à l'incandescence, perd son action attractive sur l'aiguille aimantée; cette diminution rapide avec la température a, en effet, été constatée, mais il n'est aucunement prouvé que ce qui reste de pouvoir magnétique soit rigoureusement nul; il suffirait que le magnétisme spécifique de la vapeur de fer fût de l'ordre de l'attraction newtonienne, pour que l'action magnétique de la masse ferrugineuse du Soleil fût encore très-appréciable sur la Terre.

Dans cette manière de voir, les variations diurnes de l'aiguille aimantée seraient dues à l'action magnétique directe du Soleil. Cette opinion, d'ailleurs, n'est pas nouvelle; elle a été soutenue par des physiciens éminents, en particulier par le général Sabine,

dans sa belle publication des observations magnétiques organisées par lui à la surface du globe. La relation des variations moyennes avec la position du Soleil aux diverses heures du jour et aux différentes latitudes ressort, avec une évidence manifeste, de la discussion des observations. Par des considérations d'un tout autre ordre, la spectroscopie apporte une confirmation de cette opinion.

2° *Probabilité en faveur de l'hypothèse de l'aimant terrestre.* — La présence d'une quantité considérable de fer dans la composition du Soleil conduit à se demander si cette particularité est purement accidentelle ou si tous les corps du système solaire (et peut-être tous les corps sidéraux) n'auraient pas une origine commune qui se révélerait par la présence, dans une proportion notable, de fer que le spectroscope a décelé dans l'enveloppe extérieure du Soleil.

Le globe terrestre présente en faveur de cette idée un argument bien sérieux : en effet, la densité moyenne du globe, égale à 5,5, est le double à peu près de la densité moyenne des éléments qui en forment le croûte superficielle : on est donc forcé d'admettre, vu la haute température probable des couches intérieures, que la partie centrale de la Terre est constituée par des matières beaucoup plus denses que les matériaux pierreux, conséquemment par des masses métalliques. Si, d'autre part, on considère la force directrice de l'aiguille aimantée sur les différents points du globe et la symétrie approchée de l'ensemble de ses positions avec certains grands cercles de la sphère terrestre, on est amené à conclure avec avec une grande probabilité que les masses métalliques du centre de la Terre sont constituées, en proportion notable, par du fer métallique.

Notre satellite exerce aussi sur l'aiguille aimantée une action assez faible, il est vrai, mais qui paraît non équivoque : on pourrait donc voir dans cette action une preuve de l'existence du fer dans la composition moyenne de cet astre.

Enfin la profusion des aérolithes dans notre système planétaire tendrait à confirmer l'idée d'une commune origine de tous les corps célestes (hypothèse cosmogonique de Laplace) et à faire voir dans ces aérolithes le type de la *matière cosmique élémentaire.*

3° *Probabilité en faveur de l'origine électrique de la lumière émise par les protubérances solaires.* — Les conséquences précé-

dentes se déduisent de la présence pour ainsi dire *statique* de masses magnétiques à la surface du Soleil. Examinons ce qui peut arriver si ces masses sont à l'état de mouvement. Cet état de mouvement existe, ainsi que le prouvent les observations directes de cet astre, et la cause de cet état dynamique réside évidemment dans la chaleur des couches inférieures et dans le refroidissement des couches externes; car, quelque soit le mécanisme de ces mouvements, les conditions thermodynamiques nécessaires à la transformation de la chaleur en force vive sont remplies. Si l'on fait intervenir la condition que certaines parties de ces masses de vapeurs en mouvement sont magnétiques, on voit apparaître la nécessité d'un phénomène secondaire qui semble devoir jouer un rôle important, à savoir la production de courants d'induction dans les masses conductrices avoisinantes, soit en repos, soit animées d'autres mouvements que celles-ci. Il en serait absolument de même si les masses en mouvement relatif, au lieu d'être magnétiques, étaient électrisées par une cause quelconque, en particulier par quelque action chimique.

Quoi qu'il soit actuellement presque impossible de préciser le mécanisme de ces transformations et d'assigner *a priori* l'extension et l'énergie de ces phénomènes secondaires, les conditions thermodynamiques sont si favorables, qu'on doit leur supposer une très-grande intensité, et prévoir que certains points au moins de la surface solaire sont le siége de mouvements rapides, et que les masses gazeuses voisines reçoivent, par la propagation des courants induits, un accroissement notable de leur degré d'incandescence.

L'observation des protubérances, tangentiellement au disque solaire, nous révèle précisément l'existence de couches gazeuses dont l'éclat décèle une incandescence plus énergique que celle qui correspondrait à leur position : l'analyse de leur lumière montre que leur spectre est identique à celui de l'hydrogène très-raréfié rendu incandescent par une décharge électrique. La similitude spectrale est complète, tant pour l'éclat relatif des raies brillantes que pour leur netteté décroissant avec la réfrangibilité. Ces protubérances, qui apparaissent dans le voisinage des facules et des taches, ne représenteraient-elles pas ces masses gazeuses traversées par les courants d'induction dans le voisinage des régions magnétiques ou électriques en mouvement rapide?

Cette assimilation aurait l'avantage de faire rentrer dans les conditions thermodynaniques ordinaires l'explication des protubérances, en les présentant comme l'équivalent de l'illumination par induction des masses gazeuses raréfiées, illumination qui se reproduit si aisément dans nos laboratoires avec les plus faibles actions mécaniques. On comprendrait alors la rapidité de l'extension de ces protubérances, leur disparition subite aussi bien que leur permanence accidentelle, sans avoir recours à l'hypothèse de ces jets gazeux doués de vitesses invraisemblables atteignant plusieurs centaines de kilomètres par seconde. Je dois ajouter que l'hypothèse de vitesses si extraordinaires a déjà été critiquée par M. Fizeau, qui a signalé l'analogie probable du phénomène lumineux des protubérances avec celui que présentent sur notre globe les aurores boréales.

Quelques-unes des conclusions précédentes sembleront peut-être prématurées ; je les soumets néanmoins avec confiance à l'examen des physiciens et des astronomes, comme le résumé d'un ensemble de faits très-étendus que l'exiguïté de la présente Note ne m'a pas permis de développer ([1]).

Expériences sur les téléphones Bell et les téléphones à ficelle; par M. Antoine Bréguet.

Les membranes de fer doux ou de tôle mince, qui sont employées dans la construction des téléphones Bell, ont généralement $\frac{1}{5}$ de millimètre d'épaisseur. Lorsque ces plaques doivent avoir $0^{m},06$ ou $0^{m},07$ de diamètre, on peut sans inconvénient accroître leur épaisseur, afin qu'elles présentent toujours assez de rigidité pour ne pas se déformer sous l'action attractive du barreau aimanté. En somme, ces membranes pour un diamètre donné ne doivent pas être assez minces pour arriver à se coller sur l'extrémité de l'aimant, car elles y demeureraient immobiles sous l'influence des variations de magnétisme développées par l'appareil transmetteur.

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 332, 1878; t. LXXIV, p. 390, 1872; t. LXXXIII, p. 1172, 1876; *Annales de l'Ecole Normale*, 1874.

Curieux d'examiner ce qui se produirait si l'épaisseur des plaques était augmentée, je me servis de disques de fer doux, dont l'épaisseur variait de $0^m,001$ à $0^m,01$. Je constatai alors que le son transmis, bien que notablement diminué, était toujours perçu par l'oreille.

Dans ces expériences, je n'employai pas les sons de la voix humaine pour actionner le téléphone transmetteur. Ces sons eussent été trop intenses, et sujets à de trop grandes variations, pour permettre de tirer des conclusions certaines. J'avais disposé un aimant armé de sa bobine, c'est-à-dire un téléphone sans plaque, en présence de l'une des branches d'un diapason vibrant à la Mercadier. De cette façon, cette branche d'acier animée d'un mouvement de va-et-vient, développait dans le barreau aimanté des variations de magnétisme en nombre égal à celui de ses vibrations. Le téléphone récepteur rendait ainsi la note correspondant à ce nombre de vibrations. Je dois dire en passant que ce dispositif m'avait été inspiré par celui de l'avertisseur téléphonique de M. Blondlot, dont je donnerai plus loin la description.

Après avoir employé des disques de fer, je plaçai au-dessus du barreau récepteur des morceaux de fer doux, de formes irrégulières, et réussis à entendre la note du diapason, à travers une épaisseur de plus de $0^m,15$.

En superposant au fer du bois, du caoutchouc, et en général des substances quelconques, je ne cessai pas de percevoir le son. Ce n'est pas l'expérience de Page que l'on peut invoquer ici comme explication du phénomène, car sans fer doux je ne pus rien percevoir; l'aimant et la bobine ne suffisaient donc pas à donner naissance au son, dans les conditions où j'étais placé.

Mais chaque changement de l'état magnétique du barreau produisait dans une masse de fer voisine un ébranlement magnétique qui se transformait lui-même en un ébranlement mécanique, et ce dernier se propageait alors par diffusion dans toutes les substances faisant corps avec la masse de fer.

J'ai pensé ensuite que, en vertu de l'égalité de l'action et de la réaction, on devait percevoir des sons par le barreau aimanté du téléphone comme par la plaque de fer doux. L'expérience m'a donné raison. Ainsi tous les points d'un téléphone, aussi bien le manche, les bornes de cuivre, la coquille, etc., que la plaque peuvent servir à faire entendre des sons.

Pour mettre ce fait en évidence, j'ai employé l'appareil dit *téléphone à ficelle*. J'ai pris pour point d'attache du fil un point quelconque de l'aimant ou de la membrane, et dans ce dernier cas, j'ai pu entendre distinctement, même des phrases prononcées dans le téléphone transmetteur.

Comme il est facile de relier à des points quelconques d'un téléphone Bell, un certain nombre de cornets à ficelle, un nombre égal de personnes peut entendre, comme une seule personne pouvait le faire jusqu'ici, ce qui se dit à l'autre station dans un appareil Bell ou dans des cornets qui soient solidaires avec lui.

Afin de rendre le téléphone à ficelle plus pratique qu'il ne l'était, j'ai cherché à lui donner la possibilité de subir des supports, afin de soutenir de place en place une grande longueur de fil en ligne droite, et aussi afin de pouvoir faire tracer des angles au même fil.

J'ai atteint ce but avec facilité en fixant au centre d'une membrane de parchemin le sommet des angles formés par deux ou plusieurs ficelles. Le son porté par l'une d'elles se propage alors dans toutes les autres.

Si l'on fait passer le fil au travers du centre des membranes, celles-ci serviront de supports pour les longues portées rectilignes; je crois m'être rencontré avec M. Lartigue pour cette dernière disposition.

J'ai aussi employé de véritables relais pour atteindre au même but, en faisant aboutir les fils à des membranes qui fermaient les deux ouvertures d'un cylindre de laiton. Ce cylindre joue le rôle d'un tube acoustique ordinaire. Sa courbure peut être quelconque: on peut donc ainsi réaliser également des supports et franchir des angles.

Si j'ai insisté un peu longuement sur ces téléphones à ficelle, jusqu'ici considérés seulement comme jouets d'enfant, c'est que je crois qu'à l'aide des membranes à angles et des membranes relais, ils peuvent dans des cas spéciaux rendre service dans une certaine mesure.

Installés avec quelque soin, ils peuvent servir à correspondre entre des points éloignés de plus de 100^{m}. On aura toujours sous la main du carton pour les cornets, du papier fort pour les membranes, et des ficelles pour les conducteurs. Si donc, dans un

endroit sans ressources, comme un fort investi par exemple, on sent le besoin de faire communiquer deux postes entre eux, on voit qu'il existe un moyen bien facile de le faire. De même dans un chantier de constructions, une usine, on peut désirer une communication momentanée entre deux chefs d'équipe, deux contre-maîtres. Le téléphone à ficelle peut alors être d'un usage efficace.

Un avertisseur qui puisse produire assez de bruit pour se faire entendre à plusieurs mètres de distance est évidemment l'accessoire indispensable à toute installation téléphonique.

M. Blondlot a cherché à réaliser un tel instrument, sans faire usage d'aucune pile, en s'appuyant sur le principe même du téléphone de Bell, adapté, au moyen de modifications convenables, à ce problème particulier: *transmettre avec le plus d'intensité possible un son simple quelconque.* Voici la disposition de son appareil.

Un aimant ordinaire en fer à cheval est recourbé à ses extrémités polaires, de façon que celles-ci se regardent. Sur chacune de ces extrémités est placée une bobine de téléphone. Les fils de ces bobines sont reliés convenablement entre eux, et se trouvent dans le circuit des fils de ligne des téléphones.

D'autre part, un diapason quelconque (un *la* du commerce) est aimanté de façon à offrir un pôle à l'extrémité de chacune de ses branches. L'espace interpolaire de l'aimant est de $0^m,002$ ou $0^m,003$ plus large que l'écartement extérieur des branches du diapason. On peut donc fixer celui-ci de façon que ses pôles se trouvent entre ceux de l'aimant, les pôles en présence étant respectivement de nom contraire, et suffisamment éloignés pour que le diapason ait la possibilité de vibrer. Si nous ajoutons à ce dispositif un petit marteau destiné à ébranler le diapason, nous aurons réalisé tout l'appareil avertisseur.

Le récepteur n'est en effet que le téléphone de l'autre station. Toutefois, afin d'augmenter l'intensité du son perçu, ce téléphone se trouve placé, au repos, au-dessus d'un cylindre résonnateur accordé à la note du diapason.

Les choses ainsi disposées, si A veut parler à B, il frappe sur son diapason; le son de celui-ci se transmet au téléphone de B, et si ce téléphone est placé sur son résonnateur, la note est renforcée

et éveille l'attention de B qui, ainsi prévenu, porte le téléphone à son oreille, et écoute ce qui lui est dit.

Le signal peut être perçu à une distance de 10^m à 12^m.

Dans les essais qui ont conduit M Blondlot à la disposition définitive de son appareil, j'ai pu entendre facilement la note envoyée, dans tous les points d'une grande salle du laboratoire de M. Jamin à la Sorbonne.

MM. Weinhold et Lorenz ont réalisé, à peu près en même temps que M. Blondlot, un avertisseur qui présente de grandes analogies avec celui que nous venons de décrire; mais il est pourtant moins simple, en ce sens que le résonnateur est invariablement fixé à un téléphone, et que par conséquent il faut avoir recours à un nouveau téléphone pour correspondre.

SÉANCE DU 1er MARS 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 15 février est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Bardy, directeur du laboratoire central des contributions indirectes; Bischoffsheim (Raphaël-Louis); Charles, directeur des ateliers des lignes télégraphiques, à Paris; Dufet, professeur au lycée Saint-Louis; Werlein, constructeur d'instruments d'optique.

M. Bertin présente, au nom de M. Duboscq, quelques applications nouvelles qu'a faites ce dernier de son dispositif général pour la projection de phénomènes se produisant dans un plan horizontal. Il s'agit ici d'objets opaques. M. Bertin montre comment M. Duboscq parvient à les éclairer suffisamment, et à renvoyer ensuite leur image sur le tableau.

M. Duboscq fait ensuite, sous les yeux de la Société, les expériences suivantes :

1° L'expérience d'Arago, dans laquelle un barreau aimanté hori-

zontal est entraîné par le mouvement de rotation d'un disque de cuivre placé parallèlement au-dessous de lui.

2° Si le disque est coupé, le mouvement du barreau n'a plus lieu.

3° Réciproquement la rotation du barreau entraîne celle du disque.

4° Des fragments de camphre déposés sur une couche d'eau y prennent un mouvement de rotation rapide, qu'arrête instantanément la présence d'un corps gras.

5° Si un mouvement synchrone de période convenable est produit normalement en certains points d'une surface de mercure, il s'y produit un régime permanent d'ondes dont la forme dépend du contour du vase et de la position des centres d'ébranlement.

M. Duboscq, se servant d'un diapason entretenu électriquement, montre successivement le phénomène avec un vase de forme elliptique ébranlé en un foyer, de forme circulaire, ébranlé soit au centre ou en un point quelconque, et enfin, de forme carrée avec deux centres d'ébranlement.

M. Mercadier annonce à la Société qu'en cherchant à produire des interruptions de courant au moyen du contact d'un corps solide et d'une surface liquide de mercure, il a observé des phénomènes qui l'ont amené à reprendre l'étude de la vitesse des ondes à la surface d'un liquide. Il énonce quelques-uns des résultats nouveaux qu'il a déjà obtenus et promet de les compléter dans une prochaine séance.

M. A. Bréguet fait part d'une expérience qu'il a récemment tentée et qui consiste à utiliser la réversibilité des phénomènes électrocapillaires, étudiés par M. Lippmann, à la construction d'un nouveau téléphone.

M. le Secrétaire général donne lecture d'une lettre adressée par M. Yvon, sur la production des sons musicaux au moyen d'un courant électrique interrompu.

M. Javal expose les débuts d'un travail, dans lequel il se propose d'étudier l'influence de la forme des caractères d'imprimerie sur le développement de la myopie. Il résume les phases principales par lesquelles ces formes ont passé à travers les âges. Après avoir fait la part de l'hérédité et des différentes causes locales, il serait disposé à attribuer à l'usage des caractères gothiques, si peu

distincts souvent les uns des autres, la proportion considérable de myopes que l'on rencontre en Allemagne.

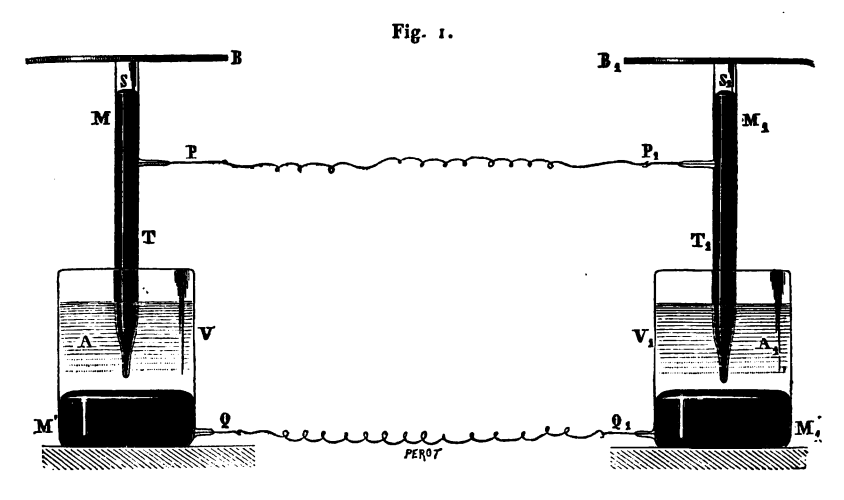
Sur un nouveau téléphone, dit téléphone à mercure, par M. ANTOINE BRÉGUET.

La pointe d'un tube capillaire T, contenant du mercure M, plonge dans un vase V. Dans ce vase se trouve une couche de mercure MM′, surmontée d'eau acidulée A, de façon que la pointe capillaire ne pénètre pas dans la couche de mercure, mais seulement dans l'eau acidulée.

Deux fils de platine P et Q communiquent respectivement avec le mercure M et le mercure M′.

Si ces deux fils sont réunis entre eux, le niveau du mercure dans le tube capillaire s'établira à une hauteur invariable. Mais, si l'on

Fig. 1.



interpose dans le circuit des fils de platine une source électrique, le niveau prendra une autre position d'équilibre dépendant du potentiel de cette source, comme l'a démontré M. Lippmann.

En résumé, à chaque différence de potentiel correspondra un niveau déterminé de la surface inférieure du mercure. Au-dessus

du mercure M se trouve une masse d'air S dont la pression variera évidemment toutes les fois que le niveau du mercure variera lui-même.

L'appareil que je viens de décrire est réversible, c'est-à-dire que si, par une modification de la première en S; le niveau du mercure subit un déplacement, une différence de potentiel ou, en d'autres termes, une force électromotrice s'établira dans les deux conducteurs P et Q.

J'accouple maintenant ensemble deux appareils semblables, en faisant communiquer les fils P et P_1, Q et Q_1, ainsi que le montre la figure. J'exerce une pression en S) une force électromotrice, dépendant de la valeur de cette pression, prendra naissance dans ce circuit, et cette force électromotrice produira un changement dans le niveau du mercure M_1 du second appareil. La pression en S_1 sera par conséquent modifiée.

On conçoit que, en s'appuyant sur les phénomènes que je viens d'exposer, on puisse réaliser un télégraphe et en particulier un téléphone.

Si l'on parle au-dessus du tube T, l'air contenu dans ce tube entre en vibration. Ces vibrations sont communiquées au mercure, qui les traduit en variations de force électromotrice, et ces variations engendrent dans l'appareil récepteur des vibrations exactement correspondantes de la masse d'air S_1, de sorte que, si l'oreille se trouve placée au-dessus du tube T_1, on entendra toutes les paroles prononcées dans le tube T.

Au lieu de profiter des déplacements du mercure, on peut profiter des déplacements de son enveloppe de verre, qui présente moins de masse que lui. On se trouve donc en face d'un problème analogue à celui que j'avais déjà étudié dans le téléphone Bell, lorsque j'avais expérimenté des plaques de fer doux de diverses épaisseurs ([1]). Il est clair, en effet, que le rapport des deux masses attirantes et attirées doit être aussi différent que possible, afin de considérer l'une des deux masses comme immobile, et, par conséquent, l'autre masse comme animée d'un déplacement maximum.

Si donc on veut entendre, par l'enveloppe de verre, la masse de

---

([1]) *Voir* p. 34.

celle-ci doit être négligeable par rapport à la masse du mercure. Si l'on veut écouter au moyen du mercure, le rapport des masses doit être renversé.

Je terminerai par la remarque suivante : Deux appareils à mercure accouplés, comme l'indique la figure, sont absolument corrélatifs, en ce sens que même des positions *différentes* d'équilibre de la surface du mercure dans l'un d'eux produisent des positions *différentes* d'équilibre dans l'appareil opposé. On peut donc reproduire à distance, sans pile, non-seulement des indications fidèles de mouvements pendulaires, comme le fait le téléphone de Bell, mais encore reproduire l'image exacte des mouvements les plus généraux.

Appareil destiné à produire des sons musicaux et autres au moyen d'un courant interrompu; par M. P. Yvon.

Paris, le 1er mars 1878.

« Monsieur le Président,

» J'ai l'honneur de porter à la connaissance de la Société de Physique les faits suivants :

» En 1867, j'ai construit un instrument destiné à produire des sons musicaux et autres au moyen d'un courant électrique interrompu. Je n'ai, faute de relations suffisantes, présenté cet instrument qu'en 1873 à la Société d'Émulation pour les sciences chimiques, physiques et pharmaceutiques, ainsi que l'atteste le compte rendu annuel publié par le Secrétaire général (*Répertoire de pharmacie*, n° 1 du 10 janvier 1874).

» L'instrument se compose d'une tige de fer doux, rigide et fixée solidement, par un seul point ou dans toute sa longueur. Devant une des extrémités de cette tige, perpendiculairement ou suivant le prolongement de son axe se trouve un électro-aimant. Ces deux pièces doivent être assez solidement fixées pour qu'elles ne puissent éprouver aucun déplacement lors du passage du courant.

» Si l'on vient à lancer dans les spires de l'électro-aimant un courant interrompu, il se produit des sons musicaux d'une grande

intensité. On peut disposer sur le même appareil un certain nombre de tiges munies chacunes de leur électro-aimant et obtenir ainsi une série de sons différents.

» La production de ces sons est subordonnée aux conditions suivantes :

» 1° Il doit y avoir un certain rapport entre la force de l'électro-aimant et la masse de fer doux à mettre en vibration.

» 2° Lorsqu'on fait varier la distance qui sépare la tige de fer doux de l'extrémité libre de l'électro-aimant, on observe une augmentation ou une diminution dans l'intensité du son. A une certaine distance correspond un maximum d'intensité.

» 3° La rapidité des interruptions augmente surtout l'intensité du son; mais influe peu sur sa hauteur.

» 4° Le contact de la tige avec le pôle de l'électro-aimant fait cesser le son.

» 5° Les vibrations produites sont transversales.

» 6° Ces vibrations se transmettent avec la plus grande facilité par les corps sur lesquels repose l'instrument ou ceux qui sont en contact avec lui.

» Outre ces sons musicaux on peut en obtenir d'autres très-curieux. Ces derniers sont produits par le passage du courant, au moment de la rupture, lorsque les interruptions ne sont point assez rapprochées pour produire une vibration continue. Je ne puis mieux comparer ces sons qu'au grattement produit par le frottement de deux tiges métalliques appuyées fortement l'une contre l'autre.

» On les obtient facilement en faisant communiquer l'un des fils avec une lime, et en grattant cette lime avec l'autre fil.

» P. Yvon. »

SÉANCE DU 15 MARS 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er mars est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société: MM. Bédos, professeur au lycée de Montpellier; Couvreux, président du tribunal de Châtillon-sur-Seine; Grognot (L.), chimiste manufacturier (usine du Foulon), à Dijon; Joly, ingénieur des lignes télégraphiques à Besançon; Pernet (Dr), chargé des fonctions de directeur du bureau international des poids et mesures; Poussin (Alexandre fils), ingénieur manufacturier à Elbeuf.

M. Salet résume les recherches qu'il a faites pour réaliser un téléphone, dans lequel les mouvements de la première membrane vibrante, au lieu d'engendrer un courant électrique, modifieraient l'intensité d'un courant de pile préexistant. Il explique le rôle du graphite, puis du charbon de cornue qu'il a substitué au premier, primitivement employé par M. Edison.

M. Marcel Deprez rend compte d'une application faite par M. Paquelin, de la propriété du platine de devenir incandescent sous l'action d'un mélange gazeux convenable, à la réalisation, sous un très-petit volume, de foyers dont M. Deprez met en évidence l'énorme puissance calorifique.

M. du Moncel présente à la Société le phonographe de M. Edison et en expose le mécanisme.

Foyers calorifiques du Dr Paquelin ; par M. Marcel Deprez.

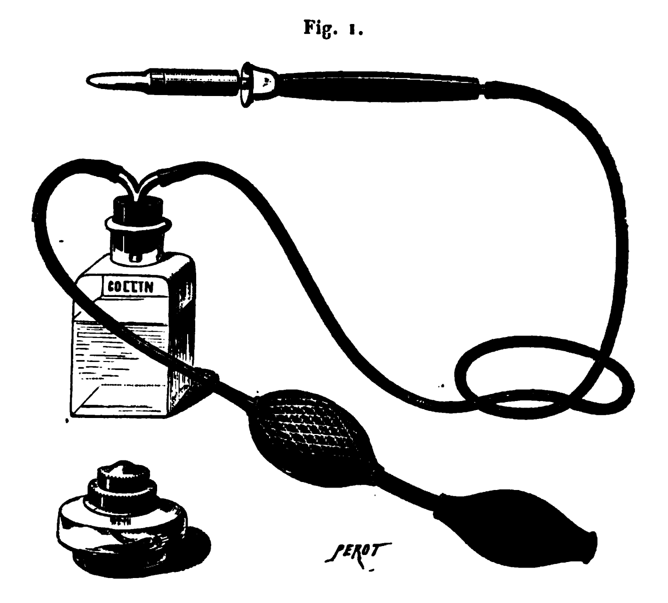
Les foyers du Dr Paquelin, imaginés en vue d'applications médicales, se recommandent à la fois par leur simplicité et par leur puissance calorifique.

Le foyer proprement dit est formé d'une feuille de platine sans soudure, présentant une forme appropriée à l'usage auquel on le destine (boule, olive, lame de couteau droite ou courbe, pointe à ignipuncture, etc.); il est monté à demeure bout à bout sur un tube d'un autre métal, lequel est percé de trous à son extrémité libre, pour le dégagement des résidus de la combustion; de telle sorte que les deux pièces ainsi ajustées forment une sorte de chambre allongée, fermée à une de ses extrémités, ouverte à l'autre. Dans toute la longueur de cette chambre, s'étend un tube métallique qui sort de quelques millimètres à travers son extrémité ouverte, et

par lequel arrive un mélange d'air et de vapeur d'un hydrocarbure volatil (1). Ce mélange s'effectue dans un flacon laveur contenant l'hydrocarbure, et dans lequel l'air est introduit par un petit soufflet à double vent ou poire de Richardson.

Pour se servir de l'appareil, on chauffe l'extrémité de platine de la chambre à combustion dans la flamme d'une lampe à alcool ou d'un bec de gaz, sans faire jouer la soufflerie, jusqu'à ce que l'extré-

Fig. 1.



mité devienne légèrement rose, ce qui a lieu en une minute à peine; puis on insuffle doucement le mélange d'air et de vapeur jusqu'à ce que le platine soit d'un rouge vif: alors la flamme disparaît subitement et toute la chaleur dégagée par la combustion apparaît sous forme de chaleur rayonnante. Dès lors, on peut retirer la lampe, le foyer est amorcé : on pourra désormais, suivant la vitesse et l'ampleur de l'insufflation, soit l'entretenir à une température constante, soit l'échauffer davantage ou le laisser refroidir; il suffit d'accroître convenablement la pression pour ramener à l'incandescence la plus vive le platine descendu jusqu'au-dessous du

(1) C'est le liquide que l'on brûle dans les lampes à éponge et à mèche pleine, dites *lampes Mille*.

rouge ; mais, si la température s'est abaissée trop bas, il devient nécessaire de réamorcer le foyer.

Pour mesurer la quantité de chaleur dégagée par les foyers du Dr Paquelin, j'ai placé l'un de ces foyers, dont le volume était de 715 millimètres cubes, dans une enveloppe de cuivre d'un volume notablement plus grand, plongée elle-même dans un vase contenant 200 grammes d'eau à la température de 13 degrés. Au bout de 2 minutes la température s'était élevée à 78 degrés. La quantité de chaleur dégagée était donc de 13 calories en 2 minutes, soit près de 400 calories par heure. Dans d'autres expériences, cette quantité de chaleur s'est élevée à 600 calories, mais alors il fallait développer un travail mécanique notable, pour forcer les gaz à traverser le foyer.

En nous bornant à cette première expérience. nous voyons qu'elle nous apprend qu'un foyer de 715 millimètres cubes peut développer 400 calories par heure, et cela en utilisant (comme cela m'a été démontré plus tard au moyen d'un calorimètre spécial) plus de la moitié de la chaleur totale produite par la combustion.

Si l'on voulait obtenir le même résultat en employant le charbon comme combustible, il faudrait brûler dans le foyer 100 grammes de charbon dans une heure, en admettant 8000 calories pour la puissance calorifique du charbon, et 0,5 pour coefficient d'utilisation. Le volume du foyer étant de 715 millimètres cubes, il est facile de voir que, si l'on faisait un foyer de 1 mètre carré de base et de 20 centimètres de hauteur (qui pourrait être constitué si l'on voulait par la réunion d'un très-grand nombre de petits foyers), la quantité de chaleur totale dégagée par heure équivaudrait à celle qui serait produite par la combustion de 2800 kilogrammes de charbon. Or, dans les locomotives, une grille de 1 mètre carré chargée d'une couche de combustible de $0^m,20$ ne peut guère brûler plus de 600 kilogrammes de combustible par heure, et cela au moyen d'un tirage très-violent. *Le foyer en platine de M. Paquelin développe donc, à volume égal, une quantité de chaleur près de cinquante fois aussi considérable que le foyer d'une locomotive!*

La surface rayonnante du foyer est de 486 millimètres carrés, mais la plus grande partie de cette surface est portée au rouge-cerise, tandis que les points du réseau en platine situés à la sortie

des gaz sont d'un blanc éblouissant. En admettant qu'ils rayonnent à eux seuls la moitié de la chaleur dégagée, soit 200 calories par heure, on trouve que ce rayonnement atteint une valeur de 280 calories par centimètre carré et par heure. Or le rayonnement de la surface solaire est de 500 calories environ par centimètre carré et par heure. Le foyer en platine est donc doué d'un pouvoir rayonnant qu'on peut évaluer au moins à la vingtième partie de celui de la surface solaire. Il ne serait pas difficile de dépasser notablement ce résultat : il suffirait pour cela d'augmenter la pression d'écoulement des gaz combustibles, mais alors on provoquerait la fusion du réseau en platine.

Le phonographe d'Edison; par M. A. Niaudet.

L'enregistrement des sons n'est pas chose nouvelle; Thomas Young le premier fit écrire sur un cylindre les vibrations d'une verge métallique; Duhamel [1] appliqua la même méthode à l'étude des vibrations des cordes; Wertheim [2] paraît avoir été le premier à enregistrer les vibrations des diapasons, qui ont été depuis si fréquemment employées.

MM. Léon Scott et Kœnig [3] ont, au moyen de leur phonautographe, écrit les vibrations d'une membrane et obtenu directement la courbe complexe qui correspond à un accord et deux, trois ou même quatre sons. Avec cet instrument M. Kœnig a fait de nombreuses et importantes expériences dont la plus curieuse est l'enregistrement d'une phrase musicale.

M. Barlow a présenté à la Société Royale un logographe dont la description n'a pas encore été donnée en français.

Enfin M. Rosapelly [4] a enregistré les mouvements du larynx en même temps que ceux des lèvres et du voile du palais, en vue de

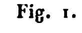
---

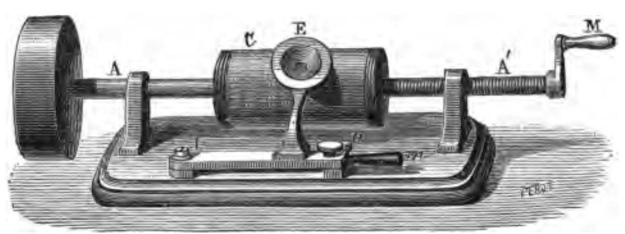
(1) *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, oct. 1864.
(2) Dr Rosapelly, *Travaux du laboratoire de M. Marey*, 2e année, Paris, 1876.
(3) Duhamel, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1840.
(4) Wertheim, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XII.

déterminer les caractères graphiques des différentes consonnes ou groupes de consonnes.

Si donc M. Edison n'avait fait qu'un instrument capable d'enregistrer les sons, son invention n'attirerait pas aujourd'hui une très-grande attention; mais il a eu la hardiesse de songer à reproduire les sons au moyen de la trace graphique laissée par eux et l'habileté d'y réussir.

Son appareil, tel qu'il est connu par le seul exemplaire venu en Europe, est représenté dans les *fig.* 1 et 2.


Fig. 1.



Un cylindre de laiton C est monté sur un axe AA′ taraudé dans une de ses parties A′; l'un des supports sert d'écrou fixe à cette vis; et, quand on tourne la manivelle M, chaque point du cylindre décrit une hélice. La surface du cylindre présente une rainure hélicoïdale dont le pas est le même que celui de la vis taillée sur l'axe. On y colle une feuille mince d'étain qui l'entoure complétement. Ce papier est suspendu au-dessus du vide présenté par la rainure hélicoïdale, et c'est dans cette partie que se fera l'enregistrement, comme nous allons le dire.

Tel est l'appareil enregistreur, qui ressemble, comme on voit, à celui du phonautographe de Scott et Kœnig. Voici maintenant l'appareil acoustique lui-même.

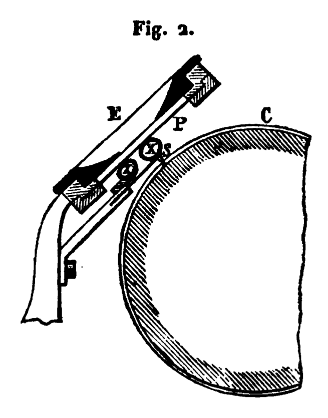
Il se compose d'une membrane métallique très-mince P, fixée dans une bague circulaire qui est retenue à l'extrémité d'un support mobile. Devant cette membrane est une embouchure E, et toutes deux sont semblables aux organes correspondants du téléphone. Sous la membrane est porté un petit style métallique fort court et rigide, qui en suit tous les mouvements. Le style est fixé à l'extrémité d'un ressort dont les vibrations propres sont amorties

par des étouffoirs X formés par des morceaux de tube de caoutchouc.

Pour faire fonctionner cet appareil, on amène le support dans la position figurée, la membrane devant le cylindre et le style au contact du papier d'étain, dans cette partie où il est tendu et libre en dessous. On parle dans l'embouchure pendant que le cylindre tourne; la membrane vibre et le style fait sur le papier d'étain des marques visibles à l'œil.

Pour reproduire les sons, il faut écarter la membrane et le style, ramener le cylindre en arrière et rapprocher la membrane de

Fig. 2.



manière que tout soit dans la même position qu'au commencement de l'inscription. On tourne alors la manivelle comme on l'avait fait d'abord; le style, commandé par les ondulations de la feuille d'étain, pousse la membrane qui passe par toutes les positions qu'elle avait occupées pendant la première partie de l'expérience, et qui reproduit les sons à l'unisson desquels elle avait vibré tout à l'heure.

Il n'est pas besoin de dire que les sons rendus par l'instrument sont beaucoup moins intenses que ceux qu'on lui a fait d'abord enregistrer; mais ils sont parfaitement distincts et ils ont pu être entendus par deux cents personnes à la fois, se pressant dans la salle de la Société de Physique. L'appareil qui a été montré à Paris ne rend pas exactement le timbre de la voix de la personne qui a parlé; mais les voyelles et même les consonnes sont parfaitement reconnaissables.

On annonce que M. Edison a récemment perfectionné son appareil et que, dès à présent, il reproduit exactement le timbre de la voix humaine et rend les plus faibles chuchotements et le bruit de la respiration entendus par la membrane. Après ce qu'il nous a déjà fait entendre, il y aurait mauvaise grâce à ne pas le croire sur parole, et il faut lui faire crédit de quelques semaines pour qu'il s'acquitte envers nous de cette promesse.

Si l'on chante au lieu de parler, la reproduction des sons donne lieu aux observations suivantes : 1° chaque son change de hauteur avec la vitesse de rotation du cylindre et n'est rendu exactement que si la vitesse est rigoureusement la même pendant l'inscription et pendant la reproduction; 2° l'accord formé par des sons successifs cesse d'être juste à la reproduction si la vitesse n'est pas rigoureusement constante dans l'une et l'autre période.

Une feuille d'étain impressionnée par une phrase ou un chant peut faire entendre cette phrase non-seulement une fois, mais même plusieurs fois. Mais, dès la seconde reproduction, l'intensité du son rendu est fort diminuée et se réduirait bientôt à rien.

On comprend que le papier d'étain, dont la mollesse se prête à l'enregistrement, ne permette pas indéfiniment la reproduction ; pour corriger ce défaut, divers moyens se présentent à l'esprit et, malgré les difficultés d'exécution, nous ne doutons pas qu'on n'arrive à franchir ce pas.

Parmi les expériences auxquelles nous avons assisté, il faut noter la suivante :

On parle une première fois dans l'embouchure et l'on enregistre sur une portion du cylindre une phrase, en français par exemple; puis on revient au point de départ et l'on enregistre sur la même portion du papier une seconde phrase, en anglais. On remarque d'abord que, pendant l'enregistrement de la phrase anglaise, la française est reproduite par l'instrument, de sorte qu'on les entend toutes deux et que l'instrument a l'air de répondre dans une autre langue et au même instant à ce qu'on lui dit. On peut aller ainsi jusqu'à trois phrases inscrites sur le papier et l'une sur l'autre, et on peut les reproduire toutes les trois à la fois. A la vérité, la dernière inscrite est la plus distincte ; mais, en fixant son attention avec beaucoup d'énergie, on peut s'abstraire de cette dernière et entendre clairement l'avant-dernière ou la première.

Cette simultanéité et cette confusion produisent l'effet le plus comique, en même temps qu'elles remplissent d'admiration les physiciens.

Le phonographe peut servir de transmetteur pour le téléphone: on peut mettre un téléphone transmetteur devant la membrane du phonographe pendant la reproduction; le téléphone sera impressionné par le phonographe et transmettra les sons qui l'auront frappé à un second téléphone à une distance quelconque. L'expérience a été faite ; mais on pourrait faire plus et mettre, devant la membrane du phonographe, un aimant de téléphone porteur de sa bobine et composer ainsi un téléphone dont la membrane serait celle du phonographe. On supprimerait ainsi un intermédiaire et l'effet serait plus satisfaisant; mais nous n'avons pas encore eu le temps de faire cette expérience.

Sera-t-il possible de faire l'inverse, de parler à Paris dans un téléphone, et de faire écrire dans un téléphonographe à Saint-Cloud les sons prononcés à Paris ? On n'ose plus prononcer le mot *impossible;* mais, si l'on y réussit, ce sera, pour les gens compétents et sincères, un nouvel et immense étonnement; car les vibrations de la membrane du téléphone récepteur sont d'une amplitude extraordinairement petite.

SÉANCE DU 5 AVRIL 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 15 mars est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Aylmer (John), ingénieur à Paris; Beau (Henri), ancien élève de l'École Polytechnique à Paris; Boniol, professeur de mathématiques à Paris; Bourseul, ingénieur des lignes télégraphiques à Auch; Brewer fils, constructeur à Paris; Carpentier, ancien élève de l'École Polytechnique à Paris; Morin, inspecteur des lignes télégraphiques à Poitiers; Picou, ingénieur à Paris; Serré-Guino, professeur au lycée de Bordeaux; Viorrain, préparateur de chimie, à Paris.

M. Thollon présente à la Société un nouveau spectroscope à vision directe dont il développe le principe et les avantages.

M. Lippmann reproduit devant la Société une des expériences par lesquelles il a établi que la constante capillaire relative à deux liquides conducteurs ne dépend que de la différence de potentiel qui existe entre ces deux liquides, et non de leur nature. Il expose les diverses expériences de mesure au moyen desquelles il s'est assuré de l'exactitude de cette loi remarquable.

M. Bertin a utilisé l'appareil à projection horizontale, déjà présenté à la Société par M. Duboscq, à la projection des mouvements électro-dynamiques produits par des aimants ou des électro-aimants dans des liquides, traversés par des courants électriques. La beauté et la netteté de ces phénomènes, conséquence des lois d'Ampère, font dire à M. Bertin qu'il serait peut-être désirable qu'on remplaçât dans les cours par ces belles expériences celles que l'on fait d'habitude, incomparablement moins brillantes, pour la démonstration des lois de l'électro-dynamique.

M. Jannettaz montre à la Société, avec les modifications qu'il a été conduit à y apporter, l'appareil déjà présenté par lui pour l'étude de la propagation de la chaleur dans les minéraux.

M. Cadiat expose comment il a pu transmettre le mouvement d'une machine à vapeur à une distance de 150^m, par l'accouplement de deux machines de Gramme, le courant engendré par l'une faisant tourner l'autre.

A propos des différences considérables qui existent entre les diverses valeurs du rendement obtenues par quelques expérimentateurs, M. Reynier fait remarquer qu'il résulte, de la théorie de ces phénomènes qu'exposait dernièrement M. Mascart, que ce rendement dépend en effet des relations qui existent entre les organes des deux machines et du travail qu'on leur fait transmettre.

Nouveau spectroscope ; par M. Thollon.

J'ai l'honneur de présenter à la Société de Physique un spectroscope construit d'après un système tout nouveau. Cet instrument, qui a été expérimenté à la Sorbonne, à l'École Normale

et au Collége de France, possède un certain nombre de qualités qui le recommandent à l'attention des spécialistes : 1° il est à vision absolument directe ; 2° il est d'une symétrie parfaite, et peut s'adapter avec facilité aux lunettes astronomiques; 3° les prismes, qui seuls sont mobiles dans l'appareil, sont mis en jeu par un procédé rigoureusement géométrique, de sorte qu'une radiation venue suivant l'axe du collimateur n'arrive dans l'axe de la lunette qu'après avoir traversé deux fois tout le système de prismes au minimum de déviation ; 4° la théorie sur laquelle repose sa construction permet de lui donner un pouvoir dispersif considérable, de modifier dans des limites très-étendues ce pouvoir dans le même instrument ; bien plus, elle permet de modifier même la nature du spectre qui, dans un cas spécial, devient normal par rapport à l'indice ; 5° il se prête enfin aux mesures spectrométriques les plus exactes. Avant de le décrire, il convient d'exposer rapidement la théorie qui sert de base à tout le système et qui permet d'approprier le nouveau spectroscope aux diverses exigences de la Science.

I. *Théorie du couple.* — J'appelle *couple* un système de deux prismes égaux ABC, A'B'C (*fig.* 1) faits de même matière, dont les arêtes réfringentes sont parallèles et qui sont toujours symétriques par rapport à un plan parallèle à ces mêmes arêtes.

Quand le *couple*, ainsi défini, est traversé par un rayon OR, d'une réfrangibilité déterminée, faisant avec le premier prisme les angles d'incidence et d'émergence i, e, et les angles intérieurs r, ρ, avec le deuxième prisme les angles analogues i', e', r', ρ', il jouit des propriétés suivantes :

1° L'angle Δ que font entre elles les faces AC, A'C et que j'appellerai l'*angle du couple*, a toujours pour valeur

$$\Delta = e + i'. \tag{1}$$

2° La déviation D qu'éprouve le rayon est exprimée par la relation

$$D = i + e' + e + i' - 2A,$$

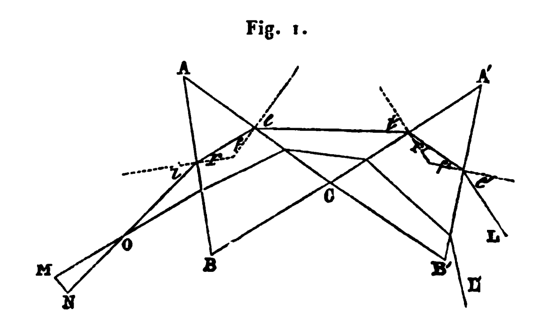
qui peut se mettre, à cause de la relation (1), sous la forme

$$D = i + e' + \Delta - 2A. \tag{2}$$

Ces deux propriétés se démontrent par de simples considérations de Géométrie élémentaire.

3° Quand un rayon d'une certaine réfrangibilité traverse le premier prisme en faisant les angles d'incidence et d'émergence i, e,

Fig. 1.



on peut toujours donner à Δ une valeur telle que le même rayon, en traversant le deuxième prisme, fasse $i' = e$ et par suite $e' = i$. Si donc le rayon qui rencontre le premier prisme sous une incidence déterminée i contient toutes les radiations possibles, en faisant varier Δ d'une manière continue, toutes les radiations, en traversant le couple, feront successivement $e = i'$ ét $e' = i$.

4° Si l'on attribue à Δ une valeur fixe et déterminée et qu'on fasse varier la position du couple sur le trajet d'un rayon d'une certaine réfrangibilité, il y a toujours deux incidences différentes qui produisent la même déviation, excepté quand on a $i = e'$.

Ces deux dernières propriétés sont des conséquences immédiates du principe du *retour inverse*.

5° Pour une valeur déterminée de Δ, si le rayon traverse le couple en faisant $i = e'$, il est au *minimum de déviation relatif au couple*. Ce minimum ne doit pas être confondu avec celui qui correspond à $i = e = i' = e'$ qu'on peut appeler *minimum absolu* et qui est évidemment le *minimum minimorum*.

Cette dernière proposition peut être considérée comme une conséquence de la propriété du n° 4°. Elle peut aussi se démontrer directement en différentiant l'équation (2).

6° Si l'on regarde à travers un couple la fente d'un collimateur, éclairée par une lumière monochromatique, la largeur de cette fente est vue sous le même angle que si on la regarde directement

à travers le collimateur, quand le faisceau lumineux traverse le couple en faisant $i = e'$.

En effet, soient MN la distance des deux bords de la fente, O le centre optique de l'objectif du collimateur et α l'angle très-petit que font les rayons NO et MO. Si l'on désigne par i, e, i', e' les angles que fait le rayon NOL en traversant les deux prismes, les angles que fait le rayon MOL' pourront s'écrire $i-\alpha, e+\alpha', i-\alpha', e'+\alpha''$.

Pour trouver les valeurs de α' et α'', nous écrirons d'abord

$$\sin(i-\alpha) = n\sin(r-\beta),$$
$$\sin(e+\alpha') = n\sin(\rho+\beta),$$

en développant

$$\sin i - \alpha\cos i = n\sin r - n\beta\cos r,$$
$$\sin e + \alpha'\cos e = n\sin\rho + n\beta\cos\rho,$$

ou bien

$$\alpha\cos i = n\beta\cos r,$$
$$\alpha'\cos e = n\beta\cos\rho;$$

par l'élimination de $n\beta$ on trouve enfin

$$\alpha' = \alpha\frac{\cos i\cos\rho}{\cos e\cos r}. \tag{3}$$

En opérant d'une façon identique, on trouvera pour α''

$$\alpha'' = \alpha'\frac{\cos i'\cos\rho'}{\cos e'\cos r'},$$

et, en remplaçant α' par sa valeur (équation 3),

$$\alpha'' = \frac{\cos i\cos\rho\cos i'\cos\rho'}{\cos e\cos r\cos e'\cos r'}. \tag{4}$$

Que l'on fasse dans la relation (3) $i = e$, et dans la relation (4) $i = e'$, on trouve dans le premier cas $\alpha' = \alpha$ et dans le deuxième $\alpha'' = \alpha$.

Dans tout ce qui précède on voit qu'il existe une remarquable analogie de propriétés entre le couple et le prisme ; l'un peut donc se substituer à l'autre dans la construction du spectroscope.

Pour compléter la théorie qui vient d'être exposée, il reste à étudier le couple au point de vue de la dispersion. Nous allons voir que sous ce rapport il possède des propriétés importantes.

La relation qui lie la valeur de e à celle de i dans le premier prisme (*fig.* 1) est la suivante:

$$\sin e = \sin A \sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \cos A \sin i;$$

si, considérant i comme une constante, on différentie cette expression par rapport à n, il viendra

$$\frac{\partial e}{\partial n} = \frac{\sin A}{\cos e \cos r};$$

ce quotient différentiel est l'expression générale de la dispersion élémentaire pour un seul prisme. Dans le cas du minimum de déviation, cette équation devient

$$\frac{\partial e}{\partial n} = \frac{2 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}};$$

quand il s'agit du couple, on obtient pour ce même quotient différentiel

$$\frac{\partial e'}{\partial n} = \frac{\sin A (\cos e \cos r + \cos e' \cos \rho')}{\cos e \cos r \cos e' \cos r'},$$

et, dans le cas du minimum de déviation *relatif au couple*,

$$(5) \qquad \frac{\partial e'}{\partial n} = \frac{2 \sin A}{\cos e' \cos r'}.$$

L'équation (5) prend des valeurs qu'il est intéressant de comparer dans trois cas particuliers.

1° Si l'angle Δ est nul, l'équation (5) devient

$$\frac{\partial e'}{\partial n} = \frac{2 \sin A}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 A}}.$$

2° Si l'on a $i = e = i' = e'$, elle devient

$$\frac{\partial e'}{\partial n} = \frac{4 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}}.$$

3° Enfin, si l'on prend $i = e' = 0$, c'est-à-dire quand la première

incidence et la dernière émergence sont normales, il vient

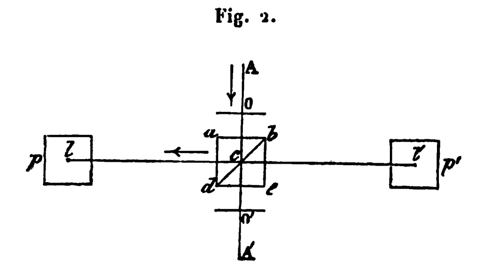
$$\frac{\partial e'}{\partial n} = 2 \tan A.$$

Cette dernière expression est fort remarquable ; elle montre que la dispersion élémentaire est constante dans toute l'étendue du spectre qui conserve alors une parfaite proportionnalité, soit dans son développement, soit dans son intensité. Il est dans ce cas *normal par rapport à l'indice.*

II. *Spectroscope à vision directe.*—Pour ne pas sortir des bornes dans lesquelles doit se renfermer cet article, je n'insisterai pas sur les nombreuses applications qui peuvent être faites de la théorie précédente ; je me bornerai à indiquer le procédé au moyen duquel s'obtient la vision directe et celui qui permet de mettre en jeu les prismes ou les couples, en les maintenant d'une manière constante et rigoureuse au minimum de déviation pour chaque radiation observée.

Soit AA' (*fig.* 2) la droite sur laquelle se trouvent les axes de la

Fig. 2.

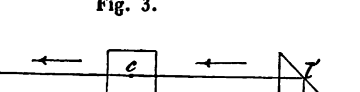


lunette et du collimateur, dont les objectifs en regard O, O' sont séparés par un intervalle de quelques centimètres. Dans cet intervalle, deux prismes à réflexion totale *abd*, *bde*, réunis par leur face hypoténuse et formant un cube de hauteur *h*, sont disposés de manière que la ligne AA' perce normalement le milieu des faces *ab*, *de*. Tout rayon venu suivant AO se réfléchira totalement au centre *c* du cube et sortira suivant la direction *cl* perpendiculaire à A*c*. Si, par un moyen quelconque, on oblige le même rayon à rentrer dans le cube par la face *be*, en perçant normalement le milieu de cette face, il est évident qu'il reviendra au centre du

cube où une nouvelle réflexion totale le renverra dans la lunette suivant AA'. L'observateur qui, à travers la lunette, regarderait la fente du collimateur, la verrait alors exactement à la même place que si le cube *abde* n'était pas interposé.

Pour se rendre compte de la manière dont s'effectue le retour du rayon, projetons la *fig.* 2 sur un plan vertical. Le point *c* (*fig.* 3)

Fig. 3.

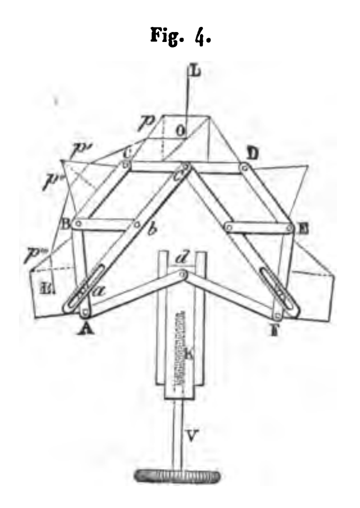


est à la fois le centre du cube et la trace de la ligne des axes. Le prisme à réflexion totale *p*, disposé comme l'indique la figure, réfléchit deux fois le rayon *cl* en le faisant descendre d'un étage et le renvoie parallèlement à lui-même. Un autre prisme *p'*, symétrique de *p*, par un effet inverse, le fait remonter à son niveau primitif et le renvoie dans le cube suivant *l'c*. Le rayon parti du centre revient au centre en accomplissant un trajet rectangulaire ; avant comme après ces deux passages, il suit exactement la ligne des axes. Il est aisé de voir que si, après sa première sortie du cube, il traverse au minimum de déviation un certain nombre de prismes égaux et de hauteur $2h$, que le prisme à réflexion convenablement disposé le renvoie parallèlement à lui-même, et que du côté opposé se trouve un système parfaitement symétrique, ce même rayon traversera deux fois tout le système de prismes en faisant partout des angles d'incidence et d'émergence égaux entre eux, puis il continuera son trajet suivant l'axe de la lunette, comme dans le cas précédent. Les bases du rectangle décrit seront devenues des lignes brisées dont les diverses parties seront parallèles deux à deux.

Un simple coup d'œil jeté sur la *fig.* 4 me dispensera d'une longue description et permettra de se faire une idée de la disposition adoptée dans l'instrument à huit prismes, que j'ai construit moi-même, aussi bien que de la manière dont se meuvent les prismes ; AB, BC, CD, DE, EF sont des lames métalliques reliées l'une à l'autre par des charnières dont les axes sont parallèles à la fente et aux arêtes réfringentes ; sur ces lames sont fixés les prismes. La partie centrale CD est immobile entre la lunette et le colli-

mateur. Le levier AC est maintenu parallèle à BC par le bras B*b* ; l'une de ses extrémités s'articule au pivot *c*, l'autre est pourvue d'une rainure dans laquelle peut glisser le pivot *a*, et, comme *a*B = C*c*, les angles ABC et BCD sont toujours égaux ; à droite, même disposition. Les deux systèmes sont maintenus symétriques, par rapport au plan passant par la fente et la ligne des axes, par deux bras égaux A*d*, F*d*. K est une coulisse qui se meut lon-

Fig. 4.



gitudinalement au moyen d'une vis de rappel V; elle porte le pivot *d* qui reste toujours dans le plan de symétrie. En tournant la vis dans un sens ou dans l'autre, on rapproche ou l'on éloigne les deux systèmes mobiles dont les angles intérieurs ne cessent jamais d'être égaux entre eux.

Dans cet instrument le système réfringent est formé de quatre couples de prismes de 30°, p, p', p'', p''', ... En suivant la marche du rayon LOL', on voit que, s'il est normal à l'entrée et à la sortie du premier couple, il en sera de même pour tous les autres. Comme la première incidence est toujours normale, on comprendra sans peine que, si le rayon est formé de lumière blanche, en faisant varier d'une manière continue la position des prismes, toutes les radiations qui le composent émergeront successivement du premier couple suivant la normale ; et que toutes, par conséquent, arriveront successivement aussi dans la lunette suivant l'axe, après avoir traversé deux fois tout le système au minimum de déviation. En dirigeant

l'instrument vers le soleil, il suffira donc de tourner la vis de rappel pour voir passer dans le champ de la lunette tout le spectre solaire. Le spectre que j'obtiens ainsi a environ $1^m,5$ de longueur; on peut évaluer de 2500 à 3000 le nombre des raies qu'on y voit nettement. Comme il est, en ce cas, normal par rapport à l'indice, il présente dans le bleu et le violet une intensité extraordinaire. J'ajouterai que, pour le parcourir dans toute son étendue, il est à peine besoin de faire varier le tirage de la lunette. Enfin, si l'on détermine le nombre de tours et les fractions de tour que la vis a dû faire pour amener une raie sur une croisée de fils, la position de cette raie est déterminée avec une précision qui, dans certains cas, ne laisse rien à désirer.

Influence des agents chimiques sur les propriétés superficielles du mercure; par M. G. Lippmann.

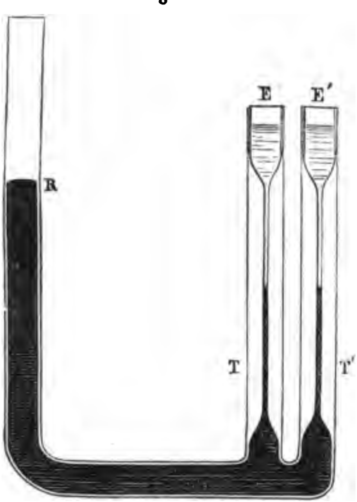
On sait que, lorsqu'on fait varier d'une manière continue la force électromotrice, ou si l'on veut la différence électrique d'une surface de mercure mouillée, soit au moyen d'un courant électrique, soit en faisant varier mécaniquement l'aire de cette surface, on produit une variation continue des constantes capillaires, de telle sorte que la constante capillaire est une fonction continue de la force électromotrice. La forme de cette fonction a été déterminée dans le cas où le liquide qui mouille le mercure est de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique ([1]).

Lorsque, au lieu de faire varier la force électromotrice par l'un des deux moyens qui viennent d'être indiqués, on ajoute à la liqueur une substance capable de faire varier notablement cette force électromotrice, comment la constante capillaire variera-t-elle? Telle est la question que nous nous posons aujourd'hui. L'expérience montre que, pour une valeur déterminée de la force électromotrice, la constante capillaire a une valeur et une seule, indépendante de la composition chimique des liquides.

([1]) Voir *Journal de Physique*, t. III, p. 41, 1874; *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. V, p. 494, 1875.

On peut se servir, pour le démontrer, de l'appareil représenté par la *fig.* 1. Deux tubes capillaires T, T′, ayant le même diamètre intérieur, communiquent avec un même réservoir R contenant du mercure. Ces tubes se terminent par des entonnoirs E, E′, destinés à recevoir les dissolutions qu'on veut mettre en contact avec le mercure. Lorsqu'on a mis en E et en E′ le même liquide, par exemple de l'acide sulfurique étendu, le niveau du mercure est le même en T et en T′. Si l'on ajoute dans l'un des tubes une substance


Fig. 1.

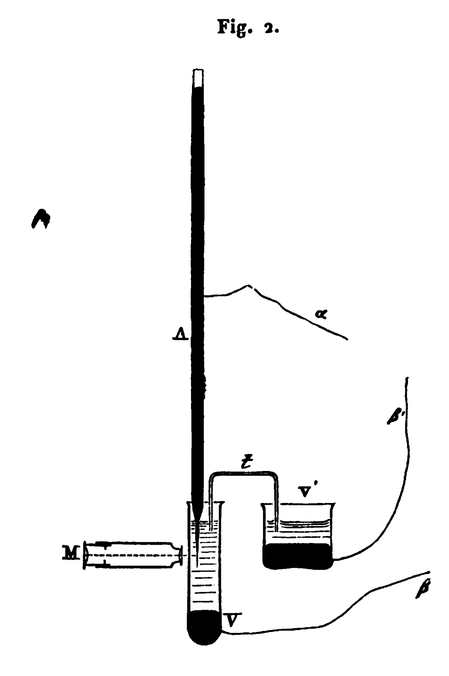


telle que de l'acide chromique, le niveau du mercure s'élève dans ce tube, la dépression capillaire y diminue ; une trace de sel marin produirait l'effet opposé. En même temps qu'elles changent la constante capillaire du mercure, ces substances changent la force électromotrice à la surface, de telle sorte que les potentiels électriques, qui auparavant étaient égaux en E et E′, deviennent inégaux.

Vient-on maintenant à mettre en communication électrique les deux masses liquides en E et E′, soit au moyen d'un fil mouillé, soit par l'intermédiaire d'un fil de verre creux, contenant du liquide, soit même par l'intermédiaire du corps de l'observateur, on voit les deux colonnes de mercure en T et T′ se mettre en mouvement, et les deux ménisques de mercure venir se placer dans un même plan horizontal. Enlève-t-on la communication électrique

entre E et E′, les deux ménisques de mercure rebroussent chemin, et présentent de nouveau les dépressions capillaires qui correspondent à la nature des liquides respectifs qui les mouillent. Cette expérience montre que, lorsque l'on rend égales des deux parts les valeurs des potentiels, et par conséquent les valeurs des diffé-

Fig. 2.



rences électriques en T et T′, les constantes capillaires prennent la même valeur dans les deux tubes, *bien que la nature des liquides y soit différente* (¹).

La même loi a été vérifiée avec une très-grande précision au moyen de l'appareil représenté par la *fig.* 2. Un tube de verre

(¹) Au lieu de faire varier la composition du liquide aqueux, on peut introduire dans le mercure un métal qui en change la force électromotrice, du zinc ou mieux encore du sodium. On met en E et E′ une dissolution de soude caustique, puis, au moyen du courant fourni par trois éléments Leclanché, on décompose cette dissolution dans l'un des tubes, de manière à y produire un amalgame de sodium. La variation de niveau qui se produit est, dans ce cas, très-considérable; l'égalisation temporaire des niveaux, pendant qu'on établit la communication électrique entre E et E′, est très-frappante. C'est sous cette forme que l'expérience a été répétée et projetée devant la Société de Physique.

vertical A, ouvert aux deux bouts, est effilé en pointe fine à son extrémité inférieure ; ce tube contient une colonne de mercure d'environ $0^m,40$ de hauteur, laquelle est soutenue par la pression capillaire du ménisque de mercure qui se forme dans la pointe fine; cette pointe elle-même plonge dans le vase de verre V, plein du liquide dont on veut faire varier la composition. L'expérience consiste, cette fois, à maintenir, par des communications électriques appropriées, la différence du potentiel constante à la surface du ménisque dans le tube fin, en même temps qu'on fait varier la composition chimique. A cet effet, on a disposé, à côté du vase V, un vase V′, contenant une large surface de mercure en contact avec un liquide aqueux de composition invariable. Le mercure du tube A et le mercure du vase V′ sont mis en communication par l'intermédiaire des fils de platine α et β'; en même temps le liquide du vase V est amené au contact de celui du vase V′ au moyen du tube fin T; dès lors la différence électrique du ménisque reste constante et égale à la différence électrique de la surface de mercure en V′. Ce ménisque prend une position d'équilibre stable, position que l'on note au moyen du microscope M à réticule et à fort grossissement, installé à poste fixe, à portée du ménisque. L'appareil ainsi installé, on substitue au liquide du vase V successivement divers liquides que l'on amène au contact du ménisque dans la pointe fine. On constate que, malgré ces changements du liquide, la position d'équilibre du ménisque ne change pas, tant que la communication électrique, dont nous avons parlé, maintient sa différence électrique constante.

Donc, pour une valeur donnée de la différence électrique, la constante capillaire a une valeur toujours la même, *indépendante de la nature chimique du liquide en contact avec le mercure.*

L'appareil permet une contre-épreuve. Au fond du vase V on a mis une couche de mercure; à l'aide du fil de platine β on peut mettre cette couche de mercure en communication avec la colonne A, la communication entre α et β' étant supprimée. Le ménisque prend alors la position qui correspond à la différence électrique développée à la surface du mercure en V par le liquide qu'on y a introduit; suivant que ce liquide est de l'acide chlorhydrique ou de l'acide chromique, le mercure est refoulé de bas en haut hors

du champ, ou bien il jaillit hors du tube. En mettant de nouveau les fils α et β' en contact, on voit le mercure revenir immédiatement au réticule. En promenant ainsi le fil α du fil β au fil β' et réciproquement, on peut vérifier, plusieurs fois en une minute, l'exactitude du fait énoncé plus haut. Dans la plupart des cas la loi a été trouvée exacte à moins de $\frac{1}{100}$ près.

Quelles sont les substances qu'il convient d'employer pour faire varier la force électromotrice d'une surface de mercure? L'acide chromique, ou bien le bichromate et le permanganate de potasse en présence d'un acide, diminue énergiquement, même à très-faible dose (au-dessous d'un millième), la différence électrique entre le mercure et le liquide aqueux; à dose plus forte le mercure est sensiblement oxydé. Les hydracides, ou bien les sels halogènes, en présence de l'acide sulfurique, agissent encore plus énergiquement, mais en sens inverse. Il en est de même de l'hyposulfite de soude.

Sur la rotation électromagnétique des liquides et sur la projection de ces phénomènes au moyen du nouvel appareil de M. Duboscq; par M. Bertin.

L'art des projections doit être aussi ancien que l'enseignement de la Physique expérimentale. Le P. Kircher projetait les images de la lanterne magique, Newton projetait le spectre solaire; mais c'est à peu près tout ce que l'on voit figurer dans les planches de la *Physique* de l'abbé Nollet. Ce n'était pas assez : à mesure que la Physique s'est développée, les phénomènes étudiés sont devenus plus compliqués et plus difficiles à projeter, et c'est vraiment dans ces dernières années seulement que l'art des projections s'est mis à la hauteur de tous les besoins de nos cours publics. Il y aurait injustice à ne pas proclamer que c'est M. Soleil père qui a été l'initiateur de ce grand progrès.

Pour projeter, il faut de la lumière, beaucoup de lumière. Autrefois on n'avait que le soleil, mais on ne l'avait pas toujours. La lampe Carcel était insuffisante, le bec de gaz n'était pas beaucoup plus puissant, et les projections sans soleil étaient à peu près im-

possibles. Foucault nous a donc rendu un service immense lorsque, reprenant l'ancienne expérience de Davy, il a substitué aux charbons mercuriels si malsains du physicien anglais les crayons de charbon des cornues, rendant ainsi possible l'usage de la lumière électrique. Lorsque plus tard il imagina le régulateur qui donne de la fixité au point lumineux, on put dire avec vérité qu'il était le véritable inventeur de la lampe électrique.

Mais cette source lumineuse si puissante exige une pile d'au moins cinquante éléments ou l'emploi d'une machine magnéto-électrique ; elle est par cela même réservée aux grands établissements scientifiques. Fort heureusement qu'on peut la remplacer dans la plupart des cas par la lampe Drummond, qui, depuis la substitution du gaz d'éclairage à l'hydrogène, est devenue d'un emploi très-commode et peu dispendieux.

Il est regrettable qu'on n'ait jamais comparé systématiquement les intensités des diverses sources lumineuses employées par les physiciens. Péclet nous a appris que la lampe Carcel valait sept bougies. La lampe modérateur grand modèle est à peu près dans le même cas, quoiqu'elle brûle un peu plus d'huile (46^{gr} au lieu de 42). Suivant Péclet, un bec de gaz à cheminée de verre a la même intensité ; mais, en forçant la flamme, on peut augmenter cette intensité de moitié. J'ai trouvé également que la lampe Drummond valait à peu près 15 carcels, mais que cette intensité pouvait aller jusqu'à 24 quand on forçait le jet d'oxygène, de manière à rendre la flamme bruyante, circonstance qu'il faut d'ailleurs éviter. D'autre part, les machines magnéto-électriques de l'*Alliance* sont garanties pour fournir une lumière égale à 250 carcels, de sorte que la lampe Drummond ne vaudrait que la dix-septième partie de la lampe électrique. Enfin je trouve, dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour* 1845, que, d'après M. Fizeau, la puissance photographique de la lampe électrique, d'intensité moyenne, serait à peu près le quart de celle du soleil ; faute d'expériences directes, admettons qu'il en soit de même pour la lumière, et nous pourrons dresser provisoirement le tableau suivant pour l'intensité des diverses sources lumineuses :

Bougie de l'Étoile de cinq à la livre................	$\frac{1}{7}$
Lampe Carcel de Péclet ou lampe modérateur grand modèle..................................	1

Bec de gaz à cheminée de verre, flamme ordinaire...	**1**
» » flamme forcée.....	**1 $\frac{1}{2}$**
Lumière Drummond, réglée à l'état ordinaire.......	**15**
» , réglée à l'état bruyant.........	**24**
Lumière électrique des machines de l'*Alliance*......	**250**
Lumière solaire...................................	**1000**

Les expériences que nous allons rapporter ont été faites avec la lumière Drummond. Quoique son intensité ne représente que 6 pour 100 de celle de la lampe électrique, elle est cependant suffisante pour la projection, même dans une salle qui reste encore assez éclairée pour qu'on puisse y écrire sans difficulté.

On a commencé par projeter des objets qui étaient dans un plan vertical ou parallèle au tableau. Mais beaucoup de phénomènes se passent dans un plan horizontal et l'on a besoin de les projeter également : la déviation du galvanomètre est dans ce cas. M. Duboscq a montré à la Société de Physique, dans la séance du 7 janvier 1876, un appareil qu'il a construit déjà en 1866 et qui remplit parfaitement ce but. Il a projeté ainsi divers phénomènes d'optique, de magnétisme, d'électricité, un galvanomètre d'une grande sensibilité, et plus récemment les phénomènes du magnétisme en mouvement d'Arago et des ondes mercurielles des frères Weber. Comme il était à la recherche de phénomènes à projeter, je lui ai indiqué les rotations électromagnétiques des liquides. Il me semble qu'ils sont encore peu connus, moins certainement qu'ils mériteraient de l'être ; je crois donc qu'il sera utile d'en présenter ici, en même temps que la description, la théorie sommaire.

On n'a employé jusqu'ici dans les cours de Physique qu'une seule méthode pour montrer la rotation électrodynamique ou électromagnétique des courants. Elle consiste à prendre pour courant mobile un fil de cuivre pouvant tourner autour de son milieu. L'électricité qui parcourt ce conducteur étant sollicitée à se mouvoir perpendiculairement au fil, et ne pouvant en sortir, puisqu'il est isolé, entraîne le fil dans son mouvement. Mais on peut se demander ce qui arriverait si l'électricité pouvait se mouvoir dans tous les sens sur une surface conductrice, si par exemple on remplaçait le fil par un vase, un petit chaudron en cuivre renversé et pouvant tourner sur une pointe placée en son milieu. Il

semble que l'électricité devrait obéir à l'impulsion qu'elle reçoit et se mouvoir sur la surface conductrice en laissant le vase immobile. Mais il n'en est rien ; le vase tourne avec la même facilité que le conducteur linéaire. Il faut donc que l'électricité éprouve de la part du conducteur une certaine résistance qui ne lui permet pas de se mouvoir sans l'entraîner dans son mouvement, et d'après cela on ne voit pas pourquoi les liquides ne tourneraient pas aussi bien que les surfaces solides.

Ce sont sans doute des considérations de ce genre qui ont déterminé Humphry Davy, en 1823, à provoquer la rotation électromagnétique du mercure. Il y réussit parfaitement en faisant arriver un fort courant dans le mercure par deux fils perpendiculaires à la surface et plaçant le liquide entre les pôles opposés de deux aimants puissants. Le mercure se mit à tourner en sens contraire autour des deux fils.

On peut se demander si le mercure est un liquide bien choisi pour mettre en évidence les rotations électromagnétiques. La force motrice étant due à la résistance du conducteur, il faut augmenter cette résistance ; d'autre part, la force accélératrice étant en raison inverse de la masse à mouvoir, il faut diminuer cette masse. Sous ce double rapport, les dissolutions aqueuses conviennent mieux que le mercure, puisqu'elles sont à la fois plus résistantes et moins denses. On répétera donc l'expérience de Davy facilement avec de l'eau acidulée, et voici comment nous avons réussi à la projeter.

La lampe Drummond envoie un faisceau rendu légèrement convergent sur la glace inclinée de l'appareil Duboscq (*fig.* 1 de sa Note). Ce faisceau est renvoyé verticalement sur la lentille éclairante qui est placée horizontalement au-dessus de la glace. Il passe ensuite à travers un électro-aimant creux et traverse le fond en glace d'une cuve placée sur l'électro-aimant, pour arriver à la lentille de projection et au prisme à réflexion totale, qui le renvoie sur le tableau. Dans la cuve on met de l'eau acidulée ($\frac{1}{40}$ d'acide sulfurique et $\frac{1}{40}$ d'acide nitrique). On y fait arriver le courant de deux éléments Bunsen, à l'aide de deux fils de platine recourbés verticalement et plongeant dans l'eau à un tiers du diamètre du vase à partir des bords ; on peut changer à volonté le courant à l'aide d'un commutateur. Si l'électro-aimant est excité par une seconde pile de quatre éléments, on voit le liquide tourner en sens contraire autour

des deux électrodes : sa rotation est rendue très-apparente par un peu de lycopode qu'on a saupoudré à la surface.

Mais l'expérience de Davy est un cas compliqué. On observera des phénomènes beaucoup plus simples en plaçant le liquide (eau acidulée ou sulfate de cuivre) dans un vase annulaire. L'appareil que j'ai fait connaître ([1]) pour répéter ces expériences se prête à des combinaisons variées. On peut en projeter la plupart des effets en posant sur la lentille éclairante de l'appareil Duboscq une cuve annulaire à fond de verre et à parois en cuivre, dans laquelle on placera le liquide ; on le décomposera par une pile de quatre éléments. Un aimant cylindrique peut s'introduire par le bout dans l'anneau central, de telle sorte que le liquide soit tantôt au-dessous de l'aimant, tantôt entre les deux pôles. La rotation se produit avec une grande rapidité, et elle est rendue visible par le lycopode que l'on a tamisé à la surface du liquide.

Ces phénomènes s'expliquent facilement. Supposons que l'aimant ait son pôle austral en bas et d'abord au-dessus du liquide, et rappelons-nous que le pôle austral pousse le courant vers sa droite. Si le liquide est traversé par un courant *centrifuge*, il faudra donc qu'il prenne une rotation *gauche ;* s'il est *centripète*, sa rotation sera *droite*, ou dans le sens des aiguilles d'une montre : le changement de sens s'obtiendra facilement avec un commutateur. Si l'aimant est descendu, de sorte que son pôle inférieur soit au-dessous du liquide, l'action de ce pôle changera de signe, celle du pôle supérieur ne changera pas ; mais, de discordante qu'elle était tout à l'heure, elle deviendra concordante avec celle de l'autre pôle. On verra donc le liquide tourner en sens contraire du mouvement précédent, mais avec plus de rapidité. Puisque la rotation du liquide change de signe avec la position de l'aimant, elle doit donc être nulle dans certains cas : si l'on observe attentivement, on verra que cela arrive lorsque l'extrémité de l'aimant est un peu au-dessous du liquide. Le point neutre de l'aimant est donc très-près de son extrémité, beaucoup plus près de l'extrémité que le pôle déterminé par la règle de Coulomb.

Dans le cours de mes premières recherches sur la rotation élec-

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XVI, p. 206.

tromagnétique des liquides ([1]), j'ai été amené à reconnaître que l'action intérieure d'un aimant creux et celle d'une bobine creuse polarisée de la même manière agissent en sens inverse ; c'est-à-dire que l'introduction d'un noyau en fer creux dans une bobine creuse diminue l'action que cette bobine exerce à son intérieur. M. de la Rive ayant contesté cette loi, j'ai fait de nouvelles expériences pour l'établir, et j'ai été ainsi conduit à la construction d'un appareil spécial ([2]). L'expérience est également facile à projeter.

Plaçons sur la lentille éclairante de l'appareil Duboscq un appareil formé d'une bobine creuse, contenant un noyau en fer doux également creux ; dans son intérieur est un vase annulaire contenant de l'eau acidulée saupoudrée de lycopode. Les communications sont établies de manière qu'il est facile de faire passer à la fois le courant d'une pile (quatre éléments) dans l'électro-aimant et dans le vase. Dès que le courant passe, le liquide tourne d'abord faiblement ; mais sa rotation augmentera considérablement, si nous enlevons le noyau en fer. Elle diminuera de nouveau si nous replaçons le noyau, et, si ses dimensions étaient convenables, elle s'arrêterait tout à fait.

Telles sont les trois expériences fondamentales sur la rotation électromagnétique des liquides, et l'on voit avec quelle facilité elles se projettent avec l'appareil Duboscq.

Qu'on me permette d'insister, en finissant, sur un point de théorie soulevé par ces expériences. Nous avons trouvé sur l'aimant un point neutre, et nous avons constaté qu'il était plus près des extrémités que le pôle ; nous arriverions au même résultat dans toutes les expériences électromagnétiques. Cependant, quand on donne la théorie élémentaire de ces phénomènes, théorie qui suppose que l'action de l'aimant se réduit à ses deux pôles, on trouve toujours une ligne neutre passant par le pôle. Ce serait là un excellent moyen de trouver le pôle d'un aimant, car la position du point neutre se détermine avec une grande précision quand l'aimant agit sur un courant linéaire. Mais les prétendus pôles ainsi obtenus sont toujours trop rapprochés des extrémités. Mon attention a été attirée sur ce point précisément à propos de mes expériences sur la

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LV, p. 304.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XVI, p. 70.

rotation électromagnétique des liquides, et j'ai dû reconnaître que les points neutres n'étaient pas les pôles et que la théorie élémentaire péchait par la base ([1]).

C'est, en effet, seulement dans le cas d'actions s'exerçant sur des points très-éloignés que l'on peut réduire un aimant à ses deux pôles. Mais il n'en peut plus être ainsi quand on lui demande de produire des actions mécaniques sur des points qui sont nécessairement très-rapprochés. Il faut considérer alors l'action de toutes les tranches : on peut seulement supposer une aimantation qui varie proportionnellement à la distance au centre, distribution reconnue vraie pour des aimants courts. Dans ce cas, les points neutres se séparent nettement des pôles et, pour les rotations électromagnétiques en particulier, la théorie les donne beaucoup plus près des extrémités ([1]).

Il est un autre point dans lequel la théorie élémentaire montre son insuffisance : c'est lorsque le niveau du liquide est au milieu de l'aimant. L'expérience montre que l'action est toujours maximum dans ce cas, tandis que la théorie élémentaire indique un minimum tant que la distance du courant à l'aimant est moindre que la moitié de sa longueur. La théorie complète, au contraire, montre que l'action de l'aimant est toujours maximum lorsque son milieu est au niveau du liquide, ce qui est tout à fait d'accord avec l'expérience.

Emploi de l'électricité pour transporter le mouvement à grande distance ; par M. Cadiat.

La transformation de l'électricité en travail a été prédite depuis longtemps par la science, et de nombreuses expériences sont venues confirmer cette déduction de la théorie mécanique de la chaleur. Mais cette découverte était restée jusqu'à présent la propriété exclusive des laboratoires, et l'application n'en avait pas été faite dans les ateliers. On peut dire aujourd'hui que l'emploi de 'électricité pour les transmissions de mouvement à grande dis-

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. VI, p. 74.

tance est un fait acquis à l'industrie ; car, depuis un mois, je mets ce procédé en pratique, et, pour commander un outil fort éloigné de la machine motrice, je n'emploie pas d'autre intermédiaire que l'électricité.

Voici dans quelles conditions cette application a été faite; je pense qu'un historique en quelques mots ne sera pas inutile, parce qu'il montrera comment j'ai été conduit à demander à l'électricité la solution d'un problème que la Mécanique ne pouvait donner dans des conditions pratiques.

La Société du val d'Osne possède à Paris un atelier de galvanoplastie destiné au cuivrage de la fonte. L'électricité y est fournie par une machine Gramme fonctionnant jour et nuit saus interruption. Vu la disposition des lieux et la distance qui sépare cet atelier du bâtiment central, il était impossible de commander cette machine par le moteur à vapeur de l'usine, qui d'ailleurs ne marche que le jour. Nous avions donc été obligés, dès le principe, d'affecter un moteur spécial à la machine électrique. C'était d'abord une locomobile que nous avons remplacée depuis peu par un moteur à gaz, qui nous sert encore aujourd'hui à gouverner la machine pendant la nuit.

Mais pour le travail de jour, j'ai eu l'idée d'emprunter le mouvement au moteur de l'usine, en utilisant à cet effet deux machines Gramme à lumière, qui nous servaient à l'éclairage en hiver, et qui nous étaient inutiles en ce moment.

L'une de ces machines, que nous appellerons le *producteur* d'électricité, fut attelée sur l'arbre de couche du moteur à vapeur de l'usine. La seconde machine, *transformateur* d'électricité, fut placée dans l'atelier de galvanoplastie. Les deux pôles des deux machines furent reliés ensemble par un conducteur, de telle sorte que le courant produit dans la première fût renvoyé dans la seconde. Il s'y transforma en travail, et l'arbre de cette machine fut animé d'un mouvement de rotation rapide. Nous avions donc une force motrice à notre disposition, et elle était suffisante pour mettre en mouvement la machine à galvanoplastie. Le problème était donc résolu, et le travail moteur nous était transmis à 150^{m} de distance, sous forme de courant, par le moyen d'un simple fil de cuivre.

Depuis un mois que ce système fonctionne, il ne s'est pas pro-

duit un moment d'arrêt ni la moindre irrégularité. Aucune surveillance n'est nécessaire. La manœuvre est aussi simple que possible, car, pour produire ou arrêter le mouvement, il suffit de serrer ou de desserrer un des balais du transformateur : ce n'est qu'une vis à tourner.

On a encore la faculté de modérer la vitesse à son gré, en interposant sur le trajet du conducteur une résistance, sous forme d'un fil plus ou moins long. Ainsi, le transformateur faisant 750 tours, quand il actionne la machine à galvanoplastie, si, sur le câble qui l'alimente, on interpose un fil de cuivre de 2^{m} de long et de $1^{mm},5$ de diamètre, la vitesse diminue de 40 tours ; avec un fil de fer de $1^{m},50$ de long et de $0^{mm},8$ de diamètre, la vitesse baisse de 100 tours.

Quel est le rendement? Telle est la question qui se pose naturellement. Des essais au frein de Prony, faits sur le transformateur, ont accusé une moyenne de 50^{kgm}. Mais je ne puis encore donner de chiffres exacts sur la force absorbée par le producteur ; car il est attelé avec d'autres outils sur un arbre de couche. Tout ce que je peux dire, c'est que cette force n'est pas considérable ; car le mécanicien de la machine à vapeur ne s'aperçoit ni de la mise en marche ni de l'arrêt de la machine à galvanoplastie. Or le moteur à vapeur n'est que de dix^{ch}. Quand le producteur servait à l'éclairage, chaque fois qu'on le mettait en mouvement, toute la transmission de l'atelier éprouvait aussitôt un ralentissement considérable (on compte généralement qu'une machine à lumière prend 2 chevaux de force).

Ce n'est certes pas là le dernier mot de la question, et il est bien difficile d'admettre que nous soyions arrivés du premier coup, sans la moindre modification, au rendement maximum. Nous avons utilisé deux machines faites pour la lumière et pour lesquelles on n'avait pas prévu une autre destination.

Remplissent-elles toutes les conditions nécessaires pour la production de force motrice. Ont-elles justement les dimensions voulues? Faut-il que les deux machines soient exactement semblables? La première doit-elle fournir plus de tension et de quantité que la seconde? Il y a bien des questions de cette sorte qui se posent naturellement. L'avenir y répondra.

SÉANCE DU 15 AVRIL 1878.

(*Séance de Pâques.*)

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 7 heures et demie.

Cette séance est consacrée à la répétition des expériences nouvelles faites à la Société dans le courant de l'année. Les expériences et les appareils dont la liste est donnée ci-après avaient été disposés d'avance ; les auteurs ont donné les explications qui leur étaient demandées :

Expériences d'acoustique et d'induction; par M. Bourbouze.

Relations entre la chaleur, la conductibilité et l'élasticité; par M. Jannettaz.

Divisibilité de la lumière électrique. — Canalisation des courants électriques; par M. Jabloschkoff.

Nouveau relais; par M. Tommasi.

Lunette spectroscopique. — Lunette astronomique avec prisme à réflexion totale. — Appareil de M. Jamin pour la polarisation rotatoire elliptique; par M. Lutz.

Lampe électrique à rhéophores circulaires obliques; par M. Reynier.

Enregistreur de l'évaporation; par M. Marié-Davy.

Aimants circulaires; par M. Duter.

Loch à cadran. — Dromographe; par M. Marey.

Électromètre Thomson enregistreur; par M. Rédier.

Téléphone Bell.

Influence d'une action mécanique sur la sursaturation; par M. Gernez.

Emploi des disques rotatifs pour l'étude des sensations lumineuses colorées; par M. Rosenstiehl.

Appareil pour la liquéfaction des gaz; par M. Cailletet.

Polyscope électrique. — Explorateur électrique. — Petit appareil électro-médical; par M. Trouvé.

Moteurs électrodynamiques; par M. Mascart.

Téléphone à courant de pile. — Téléphone à ficelles. — Téléphone à mercure; par M. A. Bréguet.

Expériences frigorifiques au moyen du chlorure de méthyle; par M. Vincent.

Projections à l'aide de l'appareil vertical des ondes liquides, de l'expérience de Foucault et des expériences de M. Bertin sur la rotation des liquides électrisés; par M. Duboscq.

Nouveau spectroscope à vision directe ; par M. Thollon.

Appareil téléphonique ; par M. Yvon.

Prisme à angle variable avec auge en caoutchouc. — Nouvelle lanterne de projection. — Appareil de M. Jannettaz pour l'étude de la propagation de la chaleur dans les cristaux ; par M. Laurent.

Téléphone à conductibilité liquide ; par M. Salet.

Foyers calorifiques du D[r] Paquelin.

Balance de Plattner, par M. Brewer.

Expériences avec le phonographe d'Edison.

Plume électrique d'Edison.

Nouvel hygromètre à condensation ; par M. Alluard.

Production des systèmes laminaires de Plateau; par M. Terquem.

SÉANCE DU 3 MAI 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 avril est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Baudot, employé des lignes télégraphiques, à Paris; Douceur, directeur des postes et télégraphes du département des Deux-Sèvres; Guérout, sous-directeur de la maison Ruhmkorff, à Paris; Hostein, professeur au lycée de Nancy; Hugueny, professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Marseille ; Laleu, conducteur des ponts et chaussées, à Melun; Loir, inspecteur des lignes télégraphiques, à Lyon; Parayre (l'Abbé), licencié ès-Sciences physiques, à Paris; Richard, inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques, à Paris ; Ritter, professeur de Chimie à la Faculté de Médecine de Nancy; L. de Sivry, rédacteur au Ministère des Affaires étrangères.

M. Mouton résume les recherches qu'il a faites sur les modifications imprimées par la réflexion métallique aux rayons calorifiques obscurs polarisés.

M. du Moncel présente, au nom de M. Gaiffe, un instrument destiné à estimer rapidement la force électromotrice d'un généra-

teur électrique. Il repose sur ce fait que, si on lance successivement le courant de diverses piles dans un conducteur dont la résistance soit assez forte pour qu'on puisse négliger devant elle la résistance propre du générateur, l'intensité de chaque courant est proportionnelle à la force électromotrice de la pile qui l'a produit. L'instrument de M. Gaiffe porte avec lui l'aiguille galvanométrique destinée à la mesure ; le cercle sur lequel elle se meut a été gradué à l'avance et donne immédiatement la force électromotrice en unités magnétiques.

M. Mascart présente quelques observations relatives aux précautions à prendre pour l'isolement des diverses pièces qui servent aux recherches électriques et en particulier à l'électricité atmosphérique. Il décrit diverses formes dans lesquelles l'isolement est produit par une colonne de verre toujours placée dans un endroit clos renfermant de l'acide sulfurique.

Sur la réflexion métallique des rayons calorifiques obscurs polarisés; par M. L. Mouton.

Avant de résumer ce travail (¹), il n'est pas inutile, je crois, d'énoncer les lois relatives à la réflexion de la lumière, qui résultent surtout des études expérimentales de M. Jamin :

I. *Rappel des lois relatives à la réflexion de la lumière.* — 1° Si l'on fait réfléchir un nombre quelconque de fois sur un miroir quelconque un rayon polarisé dans les azimuts déterminés par le plan d'incidence et le plan perpendiculaire (azimuts principaux), il reste toujours polarisé dans le même plan après la réflexion.

Ce fait a été établi expérimentalement par Brewster pour le verre et les métaux (²); bien qu'il découle naturellement de la loi de symétrie appliquée à l'idée qu'avec Fresnel nous nous faisons

(¹) Voir *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. XIII, p. 229 et suiv.
(²) *Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, t. XIX, p. 296.

d'un rayon polarisé, il n'en doit pas moins être placé en tête de toute étude purement expérimentale des phénomènes de la réflexion.

Combiné avec le principe de la coexistence des petits mouvements, il constitue en effet la base de tous les raisonnements et de toutes les méthodes usités dans ce genre de recherches. Eux établis, pour étudier l'action de la réflexion sur un rayon primitivement polarisé dans un azimut quelconque, on le décompose en deux, polarisés dans les azimuts principaux ; la direction de leurs vibrations n'ayant pas été changée par la réflexion, ils n'ont pu éprouver que des changements de phases et des variations d'amplitude.

Les variations d'amplitude peuvent s'exprimer par la multiplication des amplitudes incidentes par deux nombres I (vibration parallèle au plan d'incidence) et J (vibration perpendiculaire à ce plan), ces deux nombres étant supposés toujours positifs et évidemment au plus égaux à l'unité.

Un changement quelconque produit dans la phase d'un mouvement vibratoire peut toujours être considéré comme résultant d'un certain chemin parcouru dans l'air ; le phénomène de la réflexion peut ainsi s'assimiler à la traversée d'une lame cristalline, traversée qui, convertie en air, donne un chemin d pour la vibration parallèle au plan d'incidence, et un chemin d' pour l'autre.

Le nombre $\frac{d-d'}{\lambda}$ est la *différence de phase* produite par la réflexion pour une lumière de longueur d'onde λ. Par raison de symétrie, il est évidemment nul pour l'incidence normale ([1]).

([1]) Il se produit ici, à l'observation, un fait particulier qu'il faut signaler. Par suite du retournement de l'observateur, qui se place naturellement de façon à recevoir dans l'œil le rayon réfléchi comme il y recevait le rayon incident, la vibration située dans le plan d'incidence paraît avoir changé de signe, ou si l'on aime mieux avoir subi un retard d'une demi-onde. Ainsi, à l'incidence normale, un rayon primitivement polarisé dans un azimut quelconque paraît l'être après la réflexion dans l'azimut symétrique par rapport aux plans principaux; c'est que l'observateur s'est retourné, et qu'il n'en continue pas moins à définir par sa droite ou sa gauche la direction positive de l'axe de coordonnées situé dans le plan d'incidence. Je crois qu'il est naturel de ne pas faire entrer cette demi-longueur d'onde dans l'expression physique du phénomène; la différence de phase est alors bien nulle à l'incidence normale, et les résultats d'observation ainsi modifiés se trouvent immédiatement comparables à ceux que fournissent les théories mécaniques, où naturellement on conserve toujours le même système d'axes coordonnés.

Les recherches ont surtout porté sur la détermination pour les diverses incidences du rapport $\frac{J}{I}$ et du nombre $\frac{d-d'}{\lambda}$.

Voici les faits généraux qui se sont trouvés ajoutés à la loi de Brewster énoncée plus haut :

2° La différence de phase partant de o à l'incidence normale atteint pour tous les corps la valeur $\frac{1}{2}$ à l'incidence rasante ou de 90 degrés ; cette valeur est positive pour les métaux et les substances transparentes d'indice supérieur à 1,46 environ.

3° La forme de la courbe représentative de ces valeurs (les longueurs proportionnelles aux angles d'incidence étant prises pour abscisses) diffère avec les substances réfléchissantes ; ainsi, pour les métaux, elle paraît s'élever d'une façon continue depuis l'incidence o jusqu'à 90° ; pour le verre, elle reste sensiblement confondue avec l'axe des abscisses jusqu'à l'incidence brewstérienne ou de polarisation ; puis, s'élevant brusquement, elle atteint une valeur sensiblement égale à sa limite supérieure $\frac{1}{2}$.

4° Pour une même substance réfléchissante, la forme de la courbe se modifie d'une façon continue, quand la longueur d'onde de la lumière réfléchie se modifie elle-même d'une façon continue.

5° Les valeurs du rapport $\frac{I}{J}$, partant évidemment de l'unité pour l'incidence normale, paraissent y revenir pour l'incidence rasante.

6° La forme de la courbe qui représente ces valeurs est également propre à chaque substance et à chaque longueur d'onde.

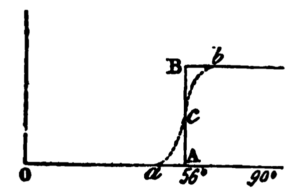
7° Quelle que soit la longueur d'onde, la valeur $\frac{I}{J}$ passe par un minimum à l'incidence pour laquelle la différence de phase est 0,25, ou, comme on dit souvent, la différence des retards $(d - d')$, un quart d'onde.

Pour bien comprendre les avantages de cette manière d'envisager les phénomènes, rapportons-y d'abord les résultats classiques de Fresnel relatifs au verre. Fresnel obtient pour les deux coefficients des amplitudes $-\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$ et $-\frac{\tang(i-r)}{\tang(i+r)}$, et aucune différence de phase, ce qui n'a rien de surprenant, puisqu'il n'en suppose pas tout d'abord.

Dans la façon de voir proposée plus haut, nous devrons prendre

pour I et J les valeurs positives des nombres $\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$ et $\frac{\mathrm{tang}(i-r)}{\mathrm{tang}(i+r)}$; par suite, la courbe des rapports $\frac{I}{J}$ est donnée par $\frac{I}{J} = \frac{\cos(i+r)}{\cos(i-r)}$, le deuxième membre étant toujours pris avec sa valeur absolue positive. On voit que le rapport $\frac{I}{J}$ part de 1 à l'incidence normale, y revient à l'incidence rasante, et passe par un minimum qui est zéro pour $i+r=90°$: c'est l'angle de polarisation ou incidence brewstérienne. L'action de la longueur d'onde se fait sentir par la présence simultanée des angles *i* et *r*.

Quant à la courbe des différences de phase, elle se confond avec l'axe des incidences jusqu'à $i+r=90°$; là, elle s'élève en une droite AB normale à l'axe des abscisses jusqu'à une valeur $\frac{1}{2}$, où elle s'achève par une parallèle à cet axe. On voit sans peine que cette différence d'une demi-onde vient remplacer le changement de signe du terme $\frac{\mathrm{tang}(i-r)}{\mathrm{tang}(i+r)}$.



Mais il va nous être facile de comprendre ce qu'ont ajouté à ces résultats les expériences précises de M. Jamin.

Les coefficients de Fresnel sont trouvés exacts, mais les angles A et B de la courbe des différences de phase doivent être adoucis, et la différence brusque d'une demi-onde doit être remplacée par une marche rapide, mais continue, grossièrement représentée par la ligne ponctuée *ab* ; et c'est au point *c*, passage par 0,25, que correspond l'incidence brewstérienne, minimum zéro du rapport $\frac{I}{J}$.

La réflexion sur le verre et les corps transparents ne diffère ainsi que par la forme des courbes qui la caractérisent de la réflexion sur les métaux.

Je me suis proposé de rechercher comment se modifient les lois précédentes, quand, sortant du spectre lumineux, on fait réfléchir sur des miroirs métalliques des radiations obscures purement calorifiques, occupant, dans le spectre général, des positions bien déterminées de plus en plus distantes du rouge.

Je résumerai successivement la disposition expérimentale, le mode d'opération et de calcul, et les calculs que j'ai déjà obtenus.

II. *Disposition expérimentale.* — La source de chaleur est la lampe de MM. Bourbouze et Wiesnegg, dans laquelle, comme on le sait, un capuchon de toile de platine est maintenu au rouge blanc par la combustion du gaz d'éclairage et d'un courant d'air amené par une trompe d'eau à une pression constante d'environ 20 centimètres de mercure. Dans ces conditions, cette source est d'une remarquable constance, et elle présente de plus l'avantage d'un grand développement du spectre calorifique obscur.

La lampe est placée dans une première pièce, à 30 centimètres environ de la cloison qui sépare cette pièce de la voisine : cette cloison est percée d'un trou où est encastrée, à la hauteur de la lampe, une lentille de verre ordinaire de 15 centimètres de foyer. Dans la seconde pièce, sur un solide banc d'optique articulé, se trouvent : 1° un énorme prisme biréfringent avec alidade et cercle divisé, à l'image extraordinaire redressée et achromatisée : c'est le polariseur ; 2° une plaque de verre à inclinaison variable et mesurée autour d'un axe horizontal, destinée à compenser les effets de polarisation produits par le prisme disperseur qu'on va voir (¹) ; 3° un écran percé d'une fente sur laquelle se forme l'image extraordinaire de la lampe ; l'image ordinaire, en tournant, est, dans toutes les orientations du polariseur, interceptée par l'écran ; plus loin, se trouve une lentille ; puis, au centre d'une articulation du blanc, le miroir sur un cercle gradué, mesurant l'incidence. Le faisceau réfléchi est reçu sur un prisme de flint blanc, puis traverse un nouveau prisme biréfringent, analyseur semblable au polariseur, et se résout finalement en deux spectres dont l'extraordinaire demeure fixe et pur pendant la rotation de l'analyseur, l'ordinaire

(¹) J'ai emprunté l'idée de cette lame compensatrice au travail de MM. Fizeau et Foucault (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXX, p. 147).

tournant autour sans jamais empiéter sur lui. Le spectre extraordinaire tombe sur une pile thermo-électrique linéaire, dont l'ouverture est, comme celle de la fente, de 1 millimètre environ, communiquant avec un excellent galvanomètre de M. Ruhmkorff (1). Cette pile était munie d'une vis permettant de la déplacer parallèlement aux bandes du spectre.

III. *Mode d'opération et de calcul.* — J'ai opéré sur trois longueurs d'onde que je désigne par λ_1, λ_2, λ_3, réparties dans la partie obscure du spectre, et sensiblement symétriques par rapport au rouge extrême, λ_1 du jaune, λ_2 du vert bleu et λ_3 du bleu indigo. Ayant été témoin d'une partie des expériences par lesquelles M. Desains a étudié la rotation imprimée par une plaque de quartz perpendiculaire aux plans de polarisation des rayons calorifiques obscurs (2), j'ai pu, par le même procédé, fixer cette rotation pour les trois longueurs d'onde que j'ai employées. Avec une plaque de quartz droit, qui donnait à la lumière du sodium une rotation exacte de 100 degrés, les rotations correspondant aux radiations λ_1, λ_2, λ_3 ont été respectivement 32, 16 et 10 degrés. En prenant la loi de Biot, au moins comme première approximation, on obtiendrait

$$\lambda_1 = 0^{mm},0010, \quad \lambda_2 = 0,0014, \quad \lambda_3 = 0,0018;$$

ces chiffres, dont le dernier est supérieur au triple de la longueur d'onde des raies D, donnent une idée du secours qu'on est en droit d'attendre de l'étude des phénomènes calorifiques au point de vue de l'établissement ou de la vérification des théories optiques.

Je n'avais pas à démontrer le principe de Brewster relativement aux rayons calorifiques obscurs. Dès 1849, MM. de la Provostaye et P. Desains étudiaient (3) ce que devenaient, après leur réflexion, des rayons calorifiques primitivement polarisés dans l'un ou l'autre des azimuts principaux, constataient que la réflexion ne modifie pas leur plan de polarisation et établissaient même les lois de la

(1) On arrive facilement à apprécier le $\frac{1}{10}$ de degré, ce qui suffit; le galvanomètre n'étant jamais dans un repos absolu, quelques soins que l'on prenne d'éviter les mouvements de l'air autour de la pile, les méthodes d'amplification des angles ne présentent ici, le plus souvent, que des avantages illusoires.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 mai 1877, p. 1056.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXVII, p. 109 et suiv.

variation de leur intensité avec l'incidence. Aussi, dans toutes les séries d'expériences, la vérification de cette première loi était mon critérium du bon réglage des divers appareils et de l'état du galvanomètre, les déviations de celui-ci devant, dans les différents azimuts, indiquer des intensités conformes à la loi de Malus.

Quand le rayon incident est polarisé dans un azimut autre que zéro ou 90 degrés, la réflexion le rend en général elliptique. C'est donc aux propriétés d'un tel rayon qu'on doit demander les procédés expérimentaux destinés à fournir le rapport $\frac{I}{J}$ et la différence de phase $\frac{d-d'}{\lambda}$ définis plus haut.

Je ne ferai qu'énoncer ici celles de ces propriétés sur lesquelles je me suis appuyé, renvoyant pour leur démonstration aux *Études sur la réflexion métallique de la lumière* de M. Jamin ([1]).

Le plan d'incidence est horizontal; l'observateur recevant le rayon réfléchi en pleine poitrine, je prends l'axe des x dans le plan d'incidence, et la partie positive de cet axe toujours dirigée vers la droite de l'observateur, supposé inconscient du demi-tour qu'il a opéré; l'axe des y est perpendiculaire au précédent et se dirige de bas en haut; les angles seront comptés, comme d'habitude, de ox vers oy.

1° Mesure de $\frac{I}{J}$. Si la vibration incidente fait un angle a avec l'axe des x, ses deux composantes ont pour amplitudes $\cos a$ et $\sin a$, et après la réflexion $I\cos a$ et $J\sin a$. L'analyseur placé successivement dans les azimuts 0 et 90 degrés, on aura deux lectures galvanométriques proportionnelles à $J^2\cos^2 a$ et $J^2\sin^2 a$. Bien que, par les vérifications de la loi de Malus dont j'ai parlé tout à l'heure, je fusse assuré de la proportionnalité des déviations galvanométriques aux intensités calorifiques dans les limites où j'opérais, j'ai préféré toujours disposer de l'angle a dans cette première mesure, de façon à rendre à peu près égales les deux lectures.

Si α et β sont ces deux déviations, on a

$$\frac{I}{J} = \tang a \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}};$$

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XIX, p. 321 et suiv.

2° Mesure de $\frac{d-d'}{\lambda}$. Après avoir traversé un prisme de spath dont on n'utilise que l'image extraordinaire, un rayon elliptique présente, quand la section principale du prisme coïncide avec le grand axe de l'ellipse, un maximum d'intensité; avec le petit axe, un minimum; et, si l'on mesure ces intensités dans des couples d'azimuts α et $\alpha + 90°$, en allant du grand axe au petit, la première l'emportera sur la seconde, tant que l'azimut α sera compris entre le grand axe et 45 degrés de cet axe, pour lui devenir inférieure dès que α aura dépassé cette bissectrice des axes.

On peut donc, par ce moyen, fixer l'azimut des bissectrices des axes de l'ellipse, et on le peut d'autant mieux que c'est autour de ces bissectrices qu'une même variation $\Delta\alpha$ produit dans les deux lectures rectangulaires une plus grande différence. J'ai pu, dans les bonnes séries, le fixer à $\frac{1}{2}$ degré près.

A ces avantages, déjà utilisés par de Senarmont pour la lumière, s'en joignent de spéciaux aux études calorifiques : d'abord il n'est demandé à la source de chaleur que d'être constante pendant la durée de chaque couple d'observations, et j'ai pu rendre cette durée très-courte par un mouvement spécial avec buttage, permettant de faire tourner rapidement l'analyseur de 90 degrés sans l'approcher de la pile; en second lieu, les mesures se terminent par deux valeurs égales des déviations galvanométriques : c'est un avantage qu'apprécieront ceux qui ont eu l'occasion de se servir de galvanomètres très-sensibles.

L'azimut des bissectrices des axes de l'ellipse étant ainsi déterminé, on en tire l'azimut ω des axes eux-mêmes en ajoutant ou retranchant 45 degrés. On peut, d'ailleurs, faire autant de mesures qu'on le veut, en faisant varier l'azimut de polarisation de la vibration incidente.

Cela fait, si l'on pose

$$\frac{I\cos a}{J\sin a} = \cot\alpha \quad \text{et} \quad 2\pi\left(\frac{1}{2} - \frac{d-d'}{\lambda}\right) = \delta,$$

on a

$$\cos\delta = \frac{\tang 2\omega}{\tang 2\alpha},$$

qui détermine δ et par suite $\frac{d-d'}{\lambda}$ (¹).

(¹) Le lecteur familiarisé avec les études de de Senarmont et de M. Jamin établira

IV. *Résultats obtenus.* — J'ai opéré jusqu'à présent sur trois miroirs d'acier, de métal des miroirs et de verre platiné. Les tableaux suivants résument les résultats que j'ai obtenus :

Acier.

Incidences.	Différences de phases $\frac{d-d'}{\lambda}$.	Rapport $\frac{I}{J}$.
	Longueur d'onde λ_1.	
45°	Insensible.	0,86
50	0,02	0,84
55	0,03	0,82
60	0,05	0,80
65	0,09	0,76
70	0,15	0,70
75	0,19	0,62
79	0,25	0,53
80	0,26	0,55
82	0,31	0,58
	Longueur d'onde λ_2.	
50	0	0,88
55	0,01	0,85
60	0,03	0,78
65	0,06	0,75
70	0,10	0,64
75	0,15	0,62
80	0,20	0,55
81	0,22	0,51
82	0,25	0,51
83	0,29	0,55

---

sans peine cette formule. On trouvera dans le Mémoire (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XIII, p. 239) dont je donne ici un extrait la discussion relative au choix à faire parmi l'infinité d'arcs ayant même cosinus et le calcul complet d'une expérience.

Acier.

Incidences.	Différences de phases $\frac{d-d'}{\lambda}$.	Rapport $\frac{I}{J}$.
Longueur d'onde λ_3.		
50	0	0,90
60	0,01	0,80
75	0,12	0,60
80	0,18	0,55
82	0,22	0,51
83,5	0,25	0,49

Métal des miroirs.

Incidences.	Différences de phases $\frac{d-d'}{\lambda}$.	Rapport $\frac{I}{J}$.
Longueur d'onde λ_1.		
60°	0,08	0,88
65	0,11	0,80
70	0,15	0,70
75	0,20	0,61
80	0,30	0,65
Longueur d'onde λ_2.		
65	0,06	0,84
70	0,10	0,78
75	0,16	0,70
80	0,26	0,62

Verre platiné.

Incidences.	Différences de phases $\frac{d-d'}{\lambda}$.	Rapport $\frac{I}{J}$.
Longueur d'onde λ_2.		
65	0,07	0,72
70	0,12	0,54
75	0,19	0,48
80	0,27	0,46

Si l'on examine chacun des tableaux précédents, on y voit d'abord se reproduire les résultats généraux que j'ai rappelés plus haut, relatifs à la lumière, à savoir :

1° Les différences de phases partant de 0 s'élèvent progressivement à mesure que s'accroît l'angle d'incidence;

2° La valeur de $\frac{I}{J}$ partant de 1 à l'incidence normale va en diminuant, passe par un minimum, puis tend de nouveau vers l'unité;

3° La valeur minimum du rapport $\frac{I}{J}$ correspond toujours à l'incidence pour laquelle $\frac{d-d'}{\lambda} = 0,25$.

Si maintenant, pour un même miroir, on compare les séries des différences de phase correspondant aux diverses longueurs d'onde, il s'en dégage un enseignement qui a peut-être quelque importance.

Je vais mettre en regard, dans le tableau suivant, pour l'acier, les valeurs successives des différences de phases relatives à la longueur d'onde du thallium ($0^{mm},000534$, Mascart), du sodium [1] ($0^{mm},0005888$), et celles qui correspondent aux longueurs d'onde plus grandes encore λ_1, λ_2, λ_3, dont on a vu plus haut les valeurs approchées :

Incidences.	Thallium. 0,000534.	Sodium. 0,000588.	λ_1 0,0010.	λ_2 0,0014.	λ_3 0,0018.
40........	0,040	00,30	0	0	0
45........	0,060	0,045	0	0	0
50........	0,080	0,065	0,02	0	0
55........	0,100	0,085	0,03	0,01	0
60........	0,115	0,105	0,05	0,03	0,01
65........	0,155	0,145	0,09	0,06	»
70........	0,200	0,185	0,15	0,10	»
75........	0,250	0,240	0,19	0,15	0,12
76........	»	0,250	»	»	»
79........	»	»	0,25	»	»
80........	0,320	0,310	0,26	0,20	0,18
82........	»	»	0,31	0,25	0,22
83,5......	»	»	»	»	0,25

Ce tableau dessine nettement la marche du phénomène, au moins

(1) Ces mesures ont été faites avec l'appareil et le compensateur de M. Jamin, construits par M. Duboscq. La source lumineuse était un brûleur Laurent avec sel marin fondu pour le sodium, et des grains d'alun de thallium pour le thallium. Une cuve remplie d'une dissolution de chlorure de cuivre arrêtait la raie jaunâtre du thallium, et surtout celle du sodium, qu'il est si difficile d'éviter.

en ce qui concerne l'acier. Ainsi la différence de phase $\frac{d-d'}{\lambda}$ est, à une incidence de 40 degrés, 0,040 pour la lumière du thallium, 0,030 seulement pour le sodium, et insensible pour les radiations obscures. A 50 degrés, tandis qu'on a déjà 0,080 pour le vert, 0,065 pour le jaune, on commence à avoir 0,02 pour λ_1 et rien encore pour les deux autres.

La différence de phase ne devient appréciable qu'à 55 degrés pour λ_2, à 60 degrés pour λ_3. Aussi, tout en se tenant inférieures, les différences de phases relatives aux plus grandes longueurs d'onde croissent-elles avec l'incidence d'une façon d'autant plus rapide que ces longueurs d'onde sont plus grandes.

Si l'on considère en particulier le point où la différence de phase est 0,25, ou autrement dit où la différence de marche est $\frac{\lambda}{4}$, incidence de polarisation rétablie après deux réflexions, comme la désigne M. Jamin, on le trouve à 75 degrés pour le vert, à 76 degrés pour le jaune, à 79 degrés pour λ_1, 82 degrés pour λ_2, 83 $\frac{1}{2}$ degrés pour λ_3.

Des faits analogues se constatent dans les deux autres miroirs que j'ai étudiés.

Ainsi, pour ces corps, la courbe représentative des différences de phases reste d'autant plus longtemps confondue avec l'axe des incidences que la longueur d'onde est plus grande; par suite, l'intervalle est d'autant plus long pendant lequel la réflexion produira simplement une rotation du plan de polarisation incidente, tandis que d'autant plus court se trouve celui dans lequel la lumière ou la chaleur réfléchie sera polarisée elliptiquement.

Galvanomètres de force électromotrice et d'intensité,
par M. A. Gaiffe.

Ces galvanomètres ne sont pas des instruments de très-grande précision, mais ils permettent de déterminer, à 1 centième près environ, rapidement et par simple lecture, la force électromotrice et l'intensité d'un courant.

Le cadre multiplicateur du galvanomètre de force électromotrice porte un fil d'une résistance considérable (environ 3000 unités de l'Association britannique), afin que celle du générateur électrique soit négligeable et que les déviations de l'aiguille aimantée soient très-sensiblement proportionnelles aux forces électromotrices.

Deux bobines additionnelles qu'on peut introduire dans le circuit, à l'aide d'une simple clef de rhéostat, permettent de rendre à volonté la résistance de l'instrument encore dix ou cinquante fois plus grande.

Le cercle gradué porte 60 divisions, 30 de chaque côté du zéro, qui sont soigneusement établies expérimentalement, à l'aide de courants de tensions connues. Chaque division représente $\frac{1}{10}$ de volt lorsque le galvanomètre est employé seul; la première bobine additionnelle, en décuplant la résistance du circuit, décuple aussi la valeur des divisions, qui représentent alors des volts; enfin la seconde bobine, en quintuplant encore la résistance, donne à chaque degré la valeur de 5 volts.

L'appareil permet ainsi de mesurer des forces électromotrices variant de 0,1 à 150 unités.

Le galvanomètre d'intensité offre la même disposition générale que le précédent, mais son cadre multiplicateur a une faible résistance, afin que les déviations ne dépendent plus que de l'intensité. De plus, le rhéostat est remplacé par des dérivations à l'aide desquelles, en dérivant les courants dans des proportions connues, on donne aux divisions des valeurs en rapport avec les intensités à mesurer.

Si le galvanomètre est seul dans le circuit, ses degrés représentent des dix-millièmes d'unité de l'Association britannique; avec la première dérivation, les divisions représentent des centièmes; enfin avec la seconde les divisions représentent des unités.

L'instrument permet de mesurer des intensités variant entre 0,0001 et 200 unités.

Il est rare que, dans les applications médicales en vue desquelles ces instruments ont été construits, et même dans les applications industrielles, on ait à mesurer des courants dont les forces électromotrices et les intensités ne soient pas comprises dans les limites fixées plus haut. Il serait, du reste, facile d'écarter ces limites autant que cela pourrait devenir nécessaire.

Supports isolants; par M. Mascart.

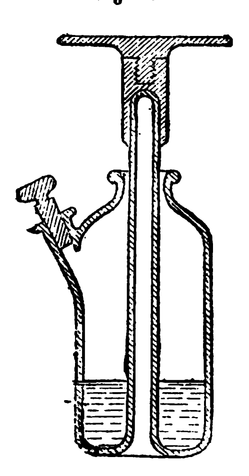
Sir W. Thomson a insisté souvent sur la nécessité d'isoler avec des soins particuliers les appareils destinés à l'étude de l'électricité statique ; il a fait remarquer que l'air et les gaz, même humides, n'interviennent que pour une très-faible part dans la déperdition, et que l'électricité s'échappe principalement par la couche d'humidité qui recouvre les supports et rend leur surface conductrice. Tous les électromètres construits d'après les indications de sir W. Thomson sont ainsi desséchés par de l'acide sulfurique liquide ou par de la pierre ponce imbibée du même acide.

Cette méthode s'est généralisée. Les corps que l'on veut maintenir isolés, tels que les appareils destinés à l'observation de l'électricité atmosphérique, peuvent être portés par des tiges de verre qui sont entourées d'un cylindre de ponce sulfurique, ou qui sont plongées dans un flacon en partie rempli d'acide sulfurique. Dans ce dernier cas, les tiges sont maintenues par des rondelles de plomb, ou bien peuvent être scellées dans un mastic peu attaquable, comme une couche de soufre ou de paraffine. Les appareils à plomb sont lourds et incommodes ; la fusion du soufre fait casser beaucoup de flacons, et la paraffine, sans être inattaquable, n'est pas assez solide. Ces supports sont excellents, au moins pour un usage temporaire ; mais, si l'on veut s'en servir d'une manière permanente, la disposition suivante paraît présenter beaucoup plus d'avantages.

Le support est un flacon dont le fond est remonté jusqu'au-dessus du col, de manière à constituer une tige centrale, et qui est muni d'une tubulure latérale, pour introduire et enlever l'acide. La distance de la tige au bord du col est très-petite, pour que l'atmosphère du flacon ne puisse se renouveler facilement. Sur cette tige on installe des montures de forme quelconque, plateaux, crochets, etc. En outre, pour éviter que l'acide sulfurique n'absorbe de l'humidité inutilement quand le support ne sert pas, il suffit de disposer sur la tige centrale une sorte de capuchon, monté à frottement, qu'on abaisse sur le col si l'on veut fermer le flacon, et qu'on relève de façon qu'il ne touche plus les bords quand on veut isoler la tige.

Un double pendule électrique posé sur un pareil support conserve très-longtemps sa divergence, même dans une salle remplie de monde; on peut montrer d'ailleurs, par une expérience très-simple, l'efficacité de cette disposition et l'insuffisance des tiges de verre exposées à l'humidité de l'air. On place sur un pareil support un double pendule à fils de coton, suspendu par une

Fig. 1.



tige de verre, même vernie à la gomme laque. Quand on électrise le pied de ce pendule en le mettant en communication, par exemple, avec un condensateur électrisé, les boules ne se repoussent pas d'abord, mais peu à peu l'électricité se propage le long de la tige de verre, les fils de coton commencent à se séparer vers la partie supérieure et bientôt après les boules s'écartent et se maintiennent à une certaine distance.

Les électromètres de sir W. Thomson sont quelquefois tellement bien isolés que la perte n'atteint pas $\frac{1}{100}$ en 24 heures; on peut obtenir un isolement de même ordre pour des corps électrisés dans l'air ordinaire, et diminuer ainsi, dans de grandes proportions, l'une des causes d'erreur les plus graves que l'on rencontre dans les expériences relatives à l'électricité statique.

SÉANCE DU 17 MAI 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 3 mai est lu et adopté.

Sont élus Membres de la Société :

MM. Aubry, inspecteur des Lignes télégraphiques à Nancy; Auguez, inspecteur des Contributions indirectes à Orléans; de Barrau de Muratel, conseiller général du Tarn; Chaussegros, ingénieur, chef de traction au chemin de fer d'Orléans; Lemonnier, ancien élève de l'École Polytechnique à Paris; Magne, inspecteur des Lignes télégraphiques à Amiens; Massieu, professeur à la Faculté des Sciences à Rennes; Federico Perez de Nueros, professeur à la Faculté des Sciences de Barcelone (Espagne); Raphael Roig y Torres, professeur à la Faculté des Sciences de Barcelone (Espagne); Roisin (Paul), ancien élève de l'École Polytechnique à Paris; Rossetti, professeur à l'Université de Padoue (Italie); Seignette (Adrien), licencié ès-Sciences à Paris; Thyrion, professeur au Collége de Fontainebleau; Wunschendorff, inspecteur des lignes télégraphiques à Toulon.

M. Gernez résume les résultats de ses travaux sur l'ébullition des liquides superposés non miscibles.

M. Émile Reynier présente un nouveau système de lampes électriques à incandescence, fonctionnant à l'air libre.

M. Mouton présente, au nom de M. Alluard, un nouvel hygromètre à condensation.

Sur l'ébullition des liquides superposés; par M. D. GERNEZ.

M. Magnus a annoncé, en 1836, que si l'on fait bouillir un mélange de deux liquides qui n'exercent pas d'action dissolvante l'un sur l'autre, la température du liquide bouillant est supérieure à la température normale d'ébullition du liquide le plus volatil sou-

mis à la même pression, mais que la température de la vapeur émise par ce mélange est inférieure à cette température d'ébullition. Par exemple, un mélange d'eau et de sulfure de carbone étant chauffé sous la pression de $752^{mm},2$, la température du liquide bouillant était 47°, celle de la vapeur $43^{o},5$, tandis que la température d'ébullition du sulfure de carbone seul sous la pression de $752^{mm},2$ est, d'après les expériences de M. Regnault, de $45^{o},75$.

Ces résultats ont été confirmés en 1854 par M. Regnault, qui a résumé en ces termes les diverses particularités du phénomène: « Les expériences que j'ai faites sur l'ébullition de deux liquides insolubles superposés, le plus volatil formant la couche inférieure, montrent que cette ébullition est toujours très-irrégulière et que le thermomètre, même lorsqu'il se trouve seulement dans la vapeur, éprouve de grandes variations suivant la manière dont la chaleur est appliquée au fond de la chaudière et suivant l'énergie plus ou moins grande de l'ébullition. Ce n'est que sous certaines pressions, et quand l'ébullition est très-modérée, que l'on trouve que le thermomètre plongé dans la vapeur indique une température qui s'éloigne peu de celle à laquelle la somme des forces élastiques des deux vapeurs isolées est égale à la pression de l'atmosphère qui s'oppose à l'ébullition » ([1]).

Plus tard, M. Is. Pierre est arrivé à des conclusions analogues qu'il a fait connaître dans un Mémoire ([2]) où il signale quelques faits singuliers restés depuis sans explication. Il trouve du reste que la température d'ébullition est toujours notablement supérieure à celle où la somme des tensions maxima des deux vapeurs est égale à la pression qui s'exerce sur le mélange.

En étudiant cette question dans ses détails, j'ai trouvé les conditions dans lesquelles il convient de se placer pour éviter les perturbations accidentelles du phénomène, pour reproduire à volonté et même exagérer le retard qu'il présente, et pour amener sûrement, sans le faire bouillir, le mélange à une température égale et même supérieure à la température normale d'ébullition du liquide le *moins volatil*. Il suffit, pour cela, de prendre les précautions qui

---

([1]) *Relation des expériences sur les machines à feu*, t. II, p. 742.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXVI, p. 169, et *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 224 (1872).

assurent d'une manière générale le retard de l'ébullition, c'est-à-dire d'éliminer toutes les causes qui peuvent laisser dans le liquide des traces d'air ou de gaz suffisantes pour amorcer le phénomène. Grâce aux dispositions que j'ai indiquées dans un Mémoire antérieur ([1]), on peut chauffer dans un tube, jusqu'au delà de 100°, du sulfure de carbone couvert d'une couche d'eau distillée, sous la pression ordinaire de l'atmosphère sans en provoquer l'ébullition. Si l'on ne réalise qu'incomplétement les conditions expérimentales du retard de l'ébullition, on observe toutes les irrégularités signalées par M. Regnault et qui s'expliquent aisément.

Qu'arrivera-t-il, au contraire, si l'on se place dans des conditions telles que le retard de l'ébullition ne soit plus possible? C'est ce qu'il est facile de prévoir, en se laissant guider par les résultats acquis relativement au mécanisme de l'ébullition. Il résulte, en effet, des expériences mêmes de M. Regnault, que dans le vide un mélange de deux liquides sans action chimique l'un sur l'autre émet des vapeurs dont la tension est presque rigoureusement égale à la somme des tensions maxima des deux vapeurs à la même température et qu'il en est de même dans les gaz. Si donc on amène une petite bulle gazeuse à la surface de séparation de deux liquides superposés que l'on chauffe, cette bulle se saturera bientôt des vapeurs émises par les deux liquides, grossira et ne pourra rester en équilibre qu'autant que sa force élastique restera inférieure à la pression qu'elle supporte. Dès que la température ambiante se sera élevée, de manière que la somme des tensions maxima des deux vapeurs soit égale à la pression qui s'exerce sur la bulle, celle-ci devrait prendre un volume infini pour qu'il y eût équilibre; elle se dégagera donc, et, si l'on s'arrange de façon qu'il reste, après le dégagement, une amorce gazeuse à la surface de séparation des deux liquides, la production des bulles sera continue; en d'autres termes, il y aura ébullition.

Pour soumettre ces prévisions au contrôle de l'expérience, je me suis servi de tubes de verre, de $0^m,02$ à $0^m,03$ de diamètre, contenant les liquides superposés par couches de quelques centimètres et un thermomètre très-sensible qui en indiquait la tempé-

---

([1]) *Recherches sur l'ébullition* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, t. IV, p. 335).

rature. Ces tubes étaient chauffés par la grande masse d'eau d'un bain-marie dont la température ne pouvait varier que très-lentement. Enfin, pour provoquer l'ébullition, j'ai fait usage d'une petite cloche à air obtenue en étranglant à la lampe un tube de verre à $0^{m},01$ ou $0^{m},02$ de son extrémité, et en usant obliquement le bord de cette cloche, de manière que, amené à la surface de séparation des deux liquides, son orifice soit ouvert, moitié dans l'un, moitié dans l'autre ; je ne laisse dans cette cloche qu'une bulle d'air très-petite qui suffit à amorcer l'ébullition et à l'entretenir pendant un temps quelconque.

J'ai reconnu ainsi que le mélange liquide entre en ébullition à une température qui ne diffère que d'une fraction de degré extrêmement petite de celle où la somme des tensions maxima des vapeurs des deux liquides est égale à la pression supportée; du reste, aucune perturbation ne se rencontre dans la marche du phénomène. Je citerai, par exemple, quelques expériences faites sur les divers mélanges étudiés par M. Regnault :

Sulfure de carbone et eau.

Pression supportée	$765^{mm},35$
Température d'ébullition observée, commune au mélange liquide et à la vapeur	$43^{o},68$
Somme des tensions maxima des deux vapeurs à cette température	$7^{m},44$
Excès sur la pression supportée	$1^{mm},29$

Chlorure de carbone et eau.

Pression supportée	$745^{mm},45$
Température d'ébullition observée, commune au mélange liquide et à la vapeur	$66^{o},17$
Somme des tensions maxima des deux vapeurs	$747^{mm},36$
Excès sur la pression supportée	$1^{mm},91$

Benzine et eau.

Pression supportée	$764^{mm},44$
Température d'ébullition observée, commune au mélange liquide et à la vapeur	$69^{o},43$
Somme des tensions maxima des deux vapeurs	$765^{mm},92$
Excès sur la pression supportée	$1^{mm},48$

Les écarts entre les températures observées et celles où les sommes des forces élastiques maxima des vapeurs seraient égales aux pressions supportées sont donc assez petits pour qu'on puisse admettre que l'ébullition se produit exactement aux températures que l'on pourrait calculer d'après les Tables des forces élastiques, et qui sont celles où la somme des forces élastiques des deux vapeurs est égale à la pression exercée à la surface de séparation des deux liquides.

L'application de ce procédé conduit à une expérience intéressante. On prend une petite cloche à ébullition, on y introduit de l'eau qui doit rester adhérente à ses parois par capillarité, on achève de la remplir avec une bulle d'air voisine de son orifice, on l'immerge dans de la benzine ou du chlorure de carbone, et l'on chauffe au bain-marie : on observe que des bulles de vapeur se dégagent, rapidement et d'une manière continue, à des températures inférieures de plus de 10 degrés au point d'ébullition du liquide sous la même pression.

Avec l'essence de térébenthine, le même phénomène se produit vers 95°. L'explication de ce fait est des plus simples : la bulle d'air de la cloche se trouve entre deux couches d'eau et de liquide qui s'y vaporisent ; si donc la température est telle que la somme des tensions maxima des vapeurs soit plus grande que la pression supportée, la bulle de vapeur se dégagera en partie, laissant sous la cloche une atmosphère dans laquelle le même phénomène se reproduit jusqu'à ce que l'eau retenue dans la cloche soit complétement vaporisée, ce qui demande un temps relativement considérable, surtout lorsque l'eau est en présence de liquides très-volatils.

On se rend compte aussi facilement des particularités décrites par M. Is. Pierre (¹). Ce savant a reconnu que, si l'on chauffe à feu nu sous une couche d'eau divers liquides, tels que les iodures butylique et éthylique, il se détache du liquide inférieur des gouttes, lestées par une bulle gazeuse, qui, traversant la couche d'eau superposée, arrivent à la surface libre, perdent le gaz qui les entraînait et retombent vers la couche inférieure. J'ai constaté que ce phénomène se produit avec tous les liquides plus lourds que l'eau lorsque,

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 4ᵉ série, t. XXVI, p. 169.

contenant des gaz en dissolution, ils sont placés dans des conditions telles que le dégagement des bulles gazeuses soit possible, c'est-à-dire lorsqu'on les chauffe sans avoir éliminé les poussières qu'ils tiennent en suspension. Le gaz dissous ne peut se dégager que sur l'atmosphère gazeuse des poussières qui se trouvent irrégulièrement disséminées ; il forme des bulles qui arrivent à la surface de séparation des deux liquides, s'y gonflent des vapeurs des deux liquides en présence et s'élèvent en entraînant sous forme de goutte une partie du liquide qui les entourait d'abord. Ces gouttes lestées traversent la couche d'eau, arrivent à la surface libre où la vapeur se dégageait, et elles retombent, retenant le plus souvent une très-petite bulle du mélange gazeux qui peut servir à reproduire le phénomène. Rien n'est plus simple, du reste, que d'empêcher la production de ces gouttes liquides : il suffit de filtrer avec soin le liquide inférieur pour en enlever les corps étrangers en suspension, puis d'élever lentement la température, ou mieux encore de faire bouillir ce liquide au préalable pour chasser les gaz dissous, et pour rendre inactives, en les préservant d'air, les poussières en suspension. Si l'on ne prend pas ces dispositions, on produit, à volonté, le phénomène avec les liquides les plus divers, avec le sulfure de carbone, le chlorure de carbone, etc.

Nouvelle lampe électrique à incandescence fonctionnant à l'air libre, par M. Émile Reynier.

Lorsqu'on fait passer un courant intense dans un conducteur résistant et très-réfractaire, tel qu'une mince baguette de carbone, la température de ce conducteur peut s'élever jusqu'au blanc éblouissant : il émet alors une vive lumière. C'est le principe, depuis longtemps connu, des lampes électriques à incandescence.

La principale difficulté que doit résoudre une lampe à incandescence, c'est de parer à l'usure des conducteurs lumineux, usure qui est rapide, même en vase clos, par suite de la volatilisation et

de la désagrégation des baguettes de charbon, et qui s'accélère beaucoup à l'air libre, par la vive combustion du carbone incandescent.

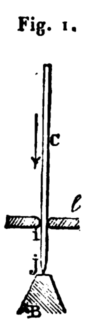
Dans les divers systèmes de lampes à incandescence proposés jusqu'ici, le renouvellement des charbons s'opère de la manière suivante : la baguette incandescente, fixée dans ses contacts, reste en place jusqu'à ce qu'elle soit rompue par usure : il y a alors extinction ; puis le courant passe subitement de ce charbon dans un autre, qui s'use et se rompt à son tour, et ainsi de suite.

Cette méthode présente beaucoup d'inconvénients : il y a interruption de courant avec extinction de lumière à chaque rupture de baguette ; l'intensité lumineuse varie continuellement pour l'amincissement graduel du charbon ; le conducteur ne fournit son maximum de lumière qu'au moment où il est près de se rompre ; enfin les dispositifs proposés ne peuvent guère fonctionner qu'*en vase clos*.

Dans le nouveau système qui fait l'objet de la présente Communication, le renouvellement du charbon est *progressif*. Le charbon, incandescent sur une partie de sa longueur, avance d'une manière à peu près *continue* jusqu'à usure complète de la partie utilisable. Ce système peut fonctionner à l'air libre. Voici son principe :

Une baguette de charbon cylindrique ou prismatique C (*fig.* 1)

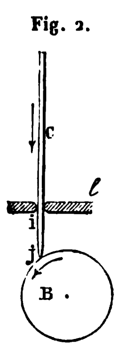
Fig. 1.



est traversée entre *i* et *j* par un courant électrique (continu ou alternatif) assez intense pour la rendre incandescente dans cette portion. Le courant entre ou sort par le contact *l*, il sort ou entre par le contact B. Le contact *l*, qui est élastique, presse la baguette *latéralement* ; le contact B la touche *en bout*. Dans ces conditions,

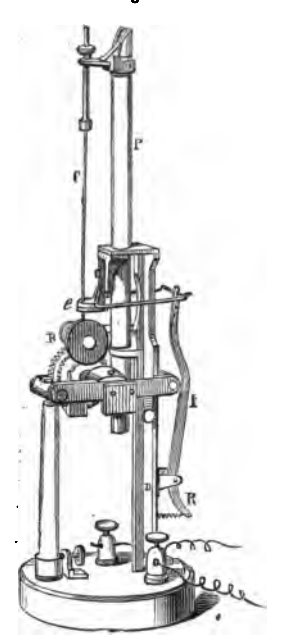
le charbon s'use à son extrémité *j* plus vite qu'en toute autre place, et tend à se raccourcir. Par conséquent, si le charbon C est poussé

Fig. 2.



continuellement dans le sens de la flèche, de manière à buter sans cesse sur le contact en bout B (*fig.* 2), il avancera *graduelle-*

Fig. 3.



ment, à mesure qu'il s'usera, en glissant dans le contact latéral *l*. La chaleur développée par le passage du courant dans la baguette est grandement accrue par la combustion du carbone.

Dans la pratique, je remplace le contact fixe par un contact tournant B (*fig.* 2), qui entraîne les cendres du charbon. La rotation du contact en bout est rendue solidaire du mouvement de progression de la baguette de charbon, de sorte que la pression de celle-ci sur le contact en bout fait frein sur le mécanisme moteur.

Le principe de ce nouveau système de lampes étant établi, il était aisé d'imaginer des dispositifs simples pour le réaliser. Les spécimens que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de la Société s'expliquent d'eux-mêmes à première inspection. La progression du charbon C (*fig.* 3) et la rotation du contact en bout B sont obtenues par la descente de la tige pesante P. Pour remonter la lampe, il suffit de soulever cette colonne. La baguette de charbon est mise en place sans aucun ajustement. Il n'y a point de réglage.

Le point lumineux est fixe dans l'espace, ce qui est utile dans tous les cas, mais surtout dans les expériences d'optique.

Cet appareil donne une lumière nette et blanche avec quatre éléments Bunsen. Avec des sources électriques plus puissantes, on peut illuminer plusieurs lampes de ce système, et obtenir ainsi le *fractionnement de la lumière électrique*.

Nouvel hygromètre à condensation; par M. Alluard.

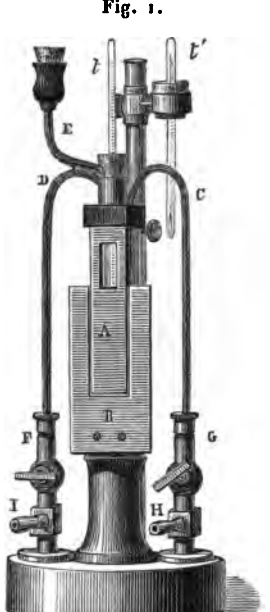
Cet hygromètre (*fig.* 1) se distingue de tous ceux qui ont été employés jusqu'ici, par les deux points suivants : 1° la partie sur laquelle le dépôt de rosée doit être observé est une face plane A, bien polie, en argent ou en laiton doré ; 2° cette face plane est encadrée dans une lame d'argent ou de laiton B, dorée et polie elle-même, qui ne la touche pas et qui, n'étant jamais refroidie, conserve toujours tout son éclat. Il résulte de cette disposition que le dépôt de rosée s'observe avec la plus grande facilité sur la face A, de telle sorte qu'on ne trouve presque aucune différence entre les températures des instants où la rosée commence et finit de paraître sur l'instrument, convenablement refroidi par l'évaporation de l'éther.

La forme de l'appareil est celle d'un prisme droit à base carrée.

Sa hauteur a 0^m, 08, et sa base 0^m,018 de côté. Trois petits tubes de cuivre CG, DF et E traversent le couvercle supérieur; le premier CG pénètre jusqu'au fond, et les deux autres, DF et E, dont l'un E est surmonté d'un entonnoir servant à introduire de l'éther, débouchent seulement en haut.

Deux petites fenêtres permettent de juger de l'agitation de l'éther par l'aspiration ou le refoulement de l'air destiné à produire le refroidissement en évaporant le liquide volatil. Le mieux est d'o-

Fig. 1.



pérer avec un aspirateur dont on règle l'aspiration suivant les besoins, lorsque les expériences se font à poste fixe; mais, en voyage, il est bien préférable de se servir d'un petit soufflet à souffle continu, qui est d'un transport très-facile et qu'on adapte à l'hygromètre par un tube de caoutchouc fixé en H. Quand on emploie un aspirateur, il faut le faire communiquer avec l'appareil au moyen d'un tube en caoutchouc, fixé en I.

Une tubulure centrale permet l'introduction d'un thermomètre *t* qui, se trouvant placé au milieu du liquide en évaporation, donne la température à laquelle se fait le dépôt de rosée.

Un petit thermomètre fronde t', fixé à côté sur un support en laiton caché presque entièrement sur le dessin par l'hygromètre lui-même AB, permet de déterminer avec précision la température de l'air dont on veut avoir l'état hygrométrique.

L'hygromètre à condensation de Daniell a été modifié autrefois par M. V. Regnault. Cet éminent physicien en a fait un instrument de précision, mais son appareil ne s'est pas répandu à cause de sa manœuvre délicate. Le dépôt de rosée, se produisant sur un cylindre d'argent poli, est difficile à saisir. Dans l'hygromètre à face plane que je présente, ce dépôt se voit très-facilement par contraste, même à quelques mètres de distance, surtout si l'on a le soin de se placer de manière à éviter toute réflexion sur les faces dorées, ce qui les fait paraître d'un beau noir d'ébène. Son emploi étant très-simple, sans rien perdre de sa précision, rien ne s'oppose plus à ce que son usage devienne général.

Depuis que les observations météorologiques se sont multipliées de tous côtés, l'hygromètre a pris une importance qu'il n'avait pas autrefois. Celui qui est presque exclusivement employé aujourd'hui est le psychromètre. Or tous les physiciens savent qu'à la température de zéro et au-dessous on ne peut pas compter sur les résultats qu'il donne ; il en est de même dans un air très-agité. Cependant, presque partout, on continue à s'en servir dans ces conditions-là.

Nous espérons que l'hygromètre à face plane, muni pendant les froids de l'hiver d'un aspirateur plein d'un mélange d'eau et d'alcool ou de glycérine, ou simplement d'un soufflet à souffle continu, pourra donner des résultats précis à tous ceux qui ne craindront pas de consacrer deux ou trois minutes à sa manœuvre. Il pourra, de plus, servir à contrôler, en maintes circonstances, toute installation hygrométrique dans les observatoires météorologiques.

M. Golaz construit cet appareil avec toute l'habileté qu'on lui connaît.

SÉANCE DU 7 JUIN 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 17 mai est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Lefebvre, lieutenant au 95e régiment d'infanterie, à Bourges; M.-C.-D. Libert, professeur de Physique au collége de Chollet; Pellerin, professeur de Physique à l'École de Médecine de Nantes.

MM. William Thomson et Broch, membres honoraires de la Société, assistent à la séance, et, sur l'invitation de M. le Président, prennent place au bureau.

M. le Secrétaire signale une Lettre de M. le comte Léopold Hugo, sur la régularité géométrique dans l'espace comme base décimale absolue.

M. du Moncel décrit diverses dispositions du microphone de M. Hughes. Une de ces dispositions est due à M. Gaiffe. Une autre permet d'employer le microphone comme thermoscope.

M. Niaudet communique une Lettre de M. Weyher, contenant la description d'un appareil analogue au microphone, et reposant sur le même principe.

M. Dufet expose les premiers résultats de ses recherches sur la relation qui existe entre la composition chimique et les propriétés optiques des mélanges de sels isomorphes. M. Dufet se propose d'étendre ses recherches à la variation de l'angle des axes optiques dans les mélanges des sels isomorphes.

Téléphone de M. Hughes, dit microphone; par M. Th. du Moncel.

Le plus important perfectionnement apporté jusqu'ici au téléphone, et qui est du reste une dérivation du transmetteur télépho-

nique de M. Edison, est bien certainement celui qu'a combiné dernièrement (avril 1878) M. Hughes, l'ingénieux inventeur du télégraphe imprimeur employé sur nos lignes. Cette fois les sons, au lieu d'arriver très-affaiblis à l'oreille, à la station de réception, comme cela a lieu avec les téléphones ordinaires, y sont souvent reproduits avec une amplification notable. De là le nom de *microphone,* que M. Hughes a donné à ce système téléphonique; cependant, nous devons le dire dès à présent, cette amplification n'existe réellement que quand les sons résultent de vibrations transmises mécaniquement par des corps solides à l'appareil transmetteur. Les sons transmis par l'air sont sans doute beaucoup plus accentués qu'avec le système ordinaire, mais ils sont moins intenses que ceux qui leur donnent naissance; en conséquence, on ne peut pas dire, dans ce cas, que le microphone agit par rapport aux sons comme le microscope le fait par rapport aux objets éclairés par la lumière. Il est vrai que par ce système on peut parler de loin dans l'appareil, et j'ai pu transmettre de cette manière une conversation à voix élevée, étant placé à 8^m de l'appareil transmetteur; j'ai pu encore parler à voix basse près de ce dernier et me faire entendre parfaitement dans l'appareil récepteur, et même faire distinguer mes paroles à une distance de $0^m,10$ de l'embouchure du téléphone récepteur, en élevant un peu la voix; mais l'amplification du son n'est réellement bien manifeste que quand il résulte d'une action mécanique transmise au support de l'appareil. Ainsi les pas d'une mouche marchant sur ce support s'entendront parfaitement et vous donneront la sensation du piétinement d'un cheval; le cri même de la mouche, surtout son cri de mort, devient, au dire de M. Hughes, perceptible; le frôlement d'une barbe de plume ou d'une étoffe, qui sera complétement imperceptible à l'audition directe, s'entendra d'une manière marquée dans le téléphone; les battements d'une montre posée sur le support de l'appareil seront répétés d'une manière remarquable, même à $0^m,10$ ou $0^m,15$ de l'appareil, mais sans une notable amplification sur le bruit qu'ils produiraient si la montre était placée contre l'oreille. Une petite boîte à musique placée sur l'appareil donne des sons tellement forts, par suite des trépidations de la boîte, qu'il est impossible de distinguer les sons, et, pour les percevoir, il faut disposer la boîte près de l'appareil sans qu'elle soit en contact avec

aucune de ses parties constituantes. C'est alors par les vibrations de l'air que l'appareil est impressionné, et les sons transmis sont plus faibles que ceux que l'on entend près de la boîte. En revanche, les vibrations déterminées par le balancier d'une pendule mise en communication par une tige métallique avec le support de l'appareil s'entendent admirablement, et l'on peut même les distinguer quand cette liaison est effectuée par l'intermédiaire d'un fil de cuivre; un courant d'air projeté sur l'appareil donne la sensation d'un écoulement liquide perçu dans le lointain; enfin les trépidations causées par le passage d'une voiture dans la rue se traduisent par des bruits crépitants très-intenses, qui se combinent avec ceux produits par une montre et qui le plus souvent prédominent.

Suivant M. Hughes, l'introduction dans le circuit de son appareil d'une bobine d'induction de $0^m,06$ seulement de longueur permettrait de faire parler un téléphone Bell (grand modèle) assez haut pour être entendu de tous les points d'une vaste salle et d'une manière plus intelligible et plus forte que sur le phonographe. Il faut seulement adapter au téléphone un cornet acoustique, comme on le fait pour ce dernier instrument. Deux éléments de pile à bichromate de potasse suffiraient pour cela.

Si l'on étudie avec attention les sons produits au moyen de cet appareil, on reconnaît que certaines lettres fournissent des sons beaucoup plus forts que certaines autres, et les lettres qui sous ce rapport exercent les effets prédominants sont A, F, H, I, K, L, M, N, O, P, R, S, W, Y, Z.

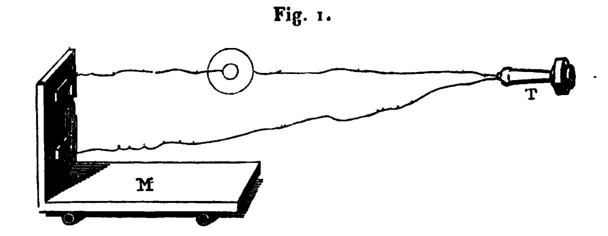
En raison de son extrême sensibilité, cet appareil permet de constater avec la plus grande facilité les sons produits au sein du corps humain, et le Dr Richardson, conjointement avec M. Hughes, s'occupe de l'appliquer au stéthoscope pour l'auscultation des poumons et des battements du cœur. Jusqu'à présent les résultats obtenus n'ont pas été, il est vrai, très-satisfaisants, mais on espère y parvenir. Toutefois la plus importante application de cet instrument à la médecine vient d'être faite par M. Henry Thompson, le célèbre chirurgien anglais, qui, par la nature des sons produits par cet instrument mis en relation métallique avec une sonde, et par le simple contact de cette sonde avec des corps durs, même de dimensions très-petites, est parvenu à reconnaître dans la

vessie la présence de petits fragments de calculs pierreux et à en faciliter l'enlèvement, en précisant exactement les points où ils se trouvaient.

On a pu aussi, par un moyen basé sur le principe du microphone, faire entendre certains sourds dont l'oreille n'était pas complétement insensibilisée, en transmettant les sons à l'oreille par l'os frontal, au moyen d'une planchette vibrante devant laquelle on parlait. Nous verrons plus loin que le microphone, combiné avec une forme, il est vrai, différente, a pu être employé comme appareil thermoscopique, et, chose plus curieuse encore, *il a pu être employé comme récepteur sans aucune intervention électro-magnétique*. Cet appareil constitue donc une découverte importante et originale qui le place dès maintenant en dehors de tous les autres perfectionnements apportés au téléphone.

Le microphone de M. Hughes est fondé sur ce principe que, si un contact électrique est établi entre deux corps médiocrement conducteurs très-légèrement appuyés l'un sur l'autre, les sons qui sont produits dans le voisinage de ce contact peuvent être transmis avec la plus grande facilité par un téléphone ordinaire.

Fig. 1.



Pour obtenir ce résultat, on peut employer plusieurs dispositions; mais celle qui donne les effets les plus intéressants est la suivante : on adapte l'un au-dessus de l'autre, sur une mince planchette verticale de bois de $0^m,06$ de largeur au plus, deux petits prismes de charbon de cornue d'environ $0^m,01$ d'épaisseur et de largeur et de $0^m,018$ de longueur, dans lesquels sont percés deux trous de $0^m,004$ de diamètre qui servent de crapaudines à un crayon de charbon taillé en forme de fusée, c'est-à-dire avec des pointes émoussées par les deux bouts, et de $3^c,5$ de longueur. Ce crayon appuie par une de ses extrémités dans le trou du charbon inférieur et ballotte dans le trou supérieur, qui ne fait que

le maintenir dans une position plus ou moins rapprochée de celle d'équilibre instable, c'est-à-dire de la verticale. En imprégnant ces charbons de mercure par leur immersion à la température rouge dans un bain de mercure, les effets sont meilleurs, mais ils peuvent se produire sans cela. Les deux prismes sont munis de contacts métalliques qui permettent de les mettre en rapport avec le circuit d'un téléphone ordinaire dans lequel est interposée une pile Leclanché d'un ou deux éléments.

Pour faire usage de l'appareil, on place la planche sur laquelle est fixée rectangulairement la planchette servant de support au système sur une table, en ayant soin d'interposer entre celle-ci et la planche plusieurs doubles d'étoffe, disposés de manière à former coussin, ou, ce qui est mieux, une bande de ouate; alors il suffit de parler devant le système pour qu'aussitôt la parole soit reproduite dans le téléphone, et, si l'on place sur la planche-support une montre ou une boîte dans laquelle une mouche ou un insecte est renfermé, tous les mouvements sont, comme je le disais, entendus dans le téléphone. Toutefois, quelques précautions doivent être prises pour arriver à obtenir les meilleurs résultats, et, en outre du coussin qu'on place sous l'appareil pour le soustraire aux vibrations étrangères qui pourraient résulter de mouvements insolites communiqués à la table, il faut régler encore la position du crayon de charbon. Celui-ci doit en effet toujours appuyer en un point du rebord du trou supérieur; mais le contact peut être plus ou moins bon, et l'expérience seule peut indiquer la meilleure position à lui donner: pour la trouver, on peut employer avantageusement le moyen de la montre. Quand on a le téléphone à l'oreille, on place le crayon dans différentes positions, jusqu'à ce qu'on ait trouvé celle donnant le maximum de son. On est souvent obligé d'opérer ce réglage pendant le cours d'une expérience, surtout quand on n'emploie pas de mercure, car les secousses données à la table par les personnes qui l'entourent déplacent très-facilement le point de contact du crayon; mais cet inconvénient disparaîtra quand l'appareil sera plus perfectionné.

On a fait plusieurs modèles de ce genre de microphone, et l'un des meilleurs est celui de M. Gaiffe. Dans cet appareil, le crayon de charbon est remplacé par une plaque très-mince de cette matière, taillée en biseau sur deux de ses côtés et simplement appuyée

contre le charbon supérieur. Pour la soutenir dans une position déterminée, le charbon inférieur est muni d'une rainure dans laquelle s'engage l'un des bouts aiguisés de la plaque. Le charbon supérieur est d'ailleurs adapté dans une garniture de cuivre qui peut se mouvoir le long d'une colonne métallique et qui permet par conséquent de régler facilement l'appareil. Le charbon inférieur, encastré lui-même dans une garniture de cuivre, est fixé sur la planche au-dessous du précédent, et le tout constitue un appareil élégant, qui peut figurer dans les cabinets de Physique.

M. Hughes a combiné son transmetteur d'une manière particulière quand il doit être appliqué aux transmissions téléphoniques. Il lui donne alors le nom de *parleur*, et sa disposition devient un peu plus compliquée. Sous cette nouvelle forme, le charbon mobile appelé à produire les contacts variables est adapté à l'extrémité inférieure d'une lame bascule horizontale, dont l'extrémité supérieure est chargée d'un contre-poids. Un petit ressort à boudin très-flexible tend à produire un contact très-léger entre le charbon mobile et le charbon fixe qui est placé au-dessous de lui, et un autre charbon porté par une bande de papier vient appuyer sur le bout même de la bascule, tout près du charbon mobile, sans doute pour former frein. Ces charbons sont en sapin carbonisé et métallisé par un procédé que nous indiquerons à l'instant, et représentent ceux qui servent de support au charbon vertical dans la première disposition. Ils sont, en conséquence, mis en rapport avec le circuit de la pile et des téléphones, ainsi que le support de la lame bascule.

L'appareil ainsi disposé est recouvert d'une enveloppe hémicylindrique fermée par les deux bouts et fixé dans une boîte placée horizontalement sur une table. Cette boîte est munie, sur un de ses côtés, précisément en face de la partie recourbée de la lame-bascule, d'une ouverture devant laquelle on parle. Dans ces conditions, les vibrations de la voix, réagissant sur la lame-bascule, font varier la pression exercée au contact des charbons d'une manière précise et avec des écarts si grands dans la conductibilité du circuit que la parole se trouve de cette manière plus nettement et plus fortement reproduite dans le téléphone.

Il me reste maintenant à indiquer les expériences intéressantes qui ont conduit M. Hughes à ces résultats si importants.

Considérant que la lumière et la chaleur peuvent modifier la conductibilité électrique des corps, M. Hughes s'est demandé si des vibrations sonores transmises à un conducteur traversé par un courant ne modifieraient pas aussi cette conductibilité en provoquant des tassements et des écarts des molécules conductrices, qui équivaudraient à des raccourcissements ou à des allongements du conducteur ainsi impressionné. Si cette propriété existait réellement, elle devait, suivant lui, permettre de transmettre les sons à distance, car de ces variations de conductibilité devaient résulter des variations proportionnelles de l'intensité d'un courant agissant sur un téléphone. L'expérience qu'il fit sur un fil métallique tendu ne répondit pas toutefois à son attente, et ce n'est que quand le fil s'est rompu et que les deux bouts furent rapprochés l'un de l'autre que les sons se firent entendre. Il devint dès lors manifeste, pour M. Hughes, que les effets qu'il prévoyait ne pouvaient se produire qu'avec un conducteur divisé, et par suite de contacts imparfaits.

Il rechercha alors quel était le degré de pression le plus convenable à exercer entre les deux bouts rapprochés du fil pour obtenir le maximum d'effet, et pour cela il effectua cette pression à l'aide de poids. Il reconnut que, quand elle était légère et qu'elle ne dépassait pas celle de 1 once par pouce carré au point de jonction, les sons étaient reproduits distinctement, mais d'une manière un peu imparfaite; en modifiant les conditions de l'expérience, il put s'assurer bientôt qu'il n'était pas nécessaire, pour obtenir ce résultat, que les fils fussent réunis bout à bout et que, si on les terminait par des clous, ils pouvaient être placés côte à côte sur une planche ou même séparés (mais avec addition d'un troisième clou posé en croix sur eux), pourvu qu'une pression légère et constante pût les réunir métalliquement. Il essaya alors différentes combinaisons de ce genre présentant plusieurs solutions de continuité, et une chaîne d'acier lui fournit d'assez bons résultats; mais les légères inflexions, c'est-à-dire le timbre de la voix, manquaient, et il dut chercher d'autres dispositions. Il essaya d'abord d'introduire des poudres métalliques aux points de contact; la poudre de zinc et d'étain, connue dans le commerce sous le nom de *bronze blanc*, améliora beaucoup les effets obtenus; mais ils n'étaient pas stables, à cause de l'oxydation des contacts, et c'est

en essayant de résoudre cette difficulté, ainsi qu'en cherchant la disposition la plus simple pour obtenir une pression légère et constante sur ces contacts, que M. Hughes fut conduit à la disposition des charbons mercurisés décrite en premier lieu ([1]), laquelle donna les effets maxima.

Dans ces conditions, le crayon appelé à fournir les contacts est dans une position tellement voisine de celle de l'équilibre instable, que les moindres vibrations peuvent l'influencer et faire varier la pression très-légère qu'il exerce à l'état normal sur le bord du charbon supérieur contre lequel il est posé. Il en résulte alors un effet analogue à celui produit dans le système Edison, mais avec cette différence que les variations de résistance qui résultent des vibrations sont infiniment plus accentuées que les différences d'amplitude de ces vibrations elles-mêmes, et c'est ce qui produit précisément l'accroissement d'énergie des sons reproduits. L'importance de l'effet obtenu dépend aussi, d'après M. Hughes, du nombre et de la perfection des contacts, et c'est sans doute pour cela que certaines positions du crayon, dans l'appareil qui a été décrit plus haut, sont plus favorables que d'autres. Pour concilier les résultats de ses expériences avec les idées qu'il s'était faites, M. Hughes dit que, dans les conducteurs homogènes, de dimensions fixes, les effets produits aux deux inflexions inverses de la vibration, étant de sens contraire et égaux, doivent se compenser; mais que, si le conducteur présente en l'un de ses points une conductibilité imparfaite, cette compensation

---

([1]) Voici ce que dit M. Hughes relativement à cette disposition : « Le charbon, en raison de son inoxydabilité, est un corps précieux pour ce genre d'applications; en y alliant le mercure, les effets sont beaucoup meilleurs. Je prends pour cela le charbon employé par les artistes pour leurs dessins; je le chauffe graduellement au blanc et, le plongeant ensuite tout d'un coup dans le mercure, ce métal s'introduit instantanément en globules dans les pores du charbon et le métallise pour ainsi dire. J'ai essayé aussi du charbon recouvert d'un dépôt de platine ou imprégné de chlorure de platine, mais je n'ai pas obtenu un effet supérieur à celui que j'obtenais par le moyen précédent. Le sapin, chauffé à blanc dans un tube de fer contenant de l'étain et du zinc ou tout autre métal s'évaporant facilement, se trouve également métallisé, et il est dans de bonnes conditions si le métal est à l'état de grande division dans les pores de ce corps, ou s'il n'entre pas en combinaison avec lui. Le fer introduit de cette manière dans le charbon est un des métaux qui m'ont donné les meilleurs effets. Le charbon de sapin, quoique mauvais conducteur, acquiert de cette manière un grand pouvoir conducteur. »

n'existera plus, et les vibrations sonores pourront déterminer les variations alternatives de conductibilité dont il a été parlé.

Le charbon n'est pas la seule substance qu'on peut employer à composer l'organe sensible de ce système de transmetteur; M. Hughes a essayé d'autres substances et même des corps très-conducteurs, tels que les métaux : le fer lui a donné d'assez bons résultats, et l'effet produit par des surfaces de platine dans un grand état de division a été égal, sinon supérieur, au charbon mercurisé. Toutefois, comme avec ce métal on rencontre alors plus de difficultés dans la construction des appareils, il donne la préférence au charbon qui, comme lui, jouit de l'avantage de l'inoxydabilité.

Pour obtenir que le téléphone se fasse entendre dans toute une salle par ce système, il faut disposer les appareils d'une certaine manière. Voici ce que m'écrit M. Hughes à ce sujet: « Lors des expériences que j'ai faites le 23 mai dernier à la Société des ingénieurs télégraphistes de Londres, j'ai parlé d'une chambre séparée de la salle par plusieurs étages dans un téléphone Bell, dont l'aimant était à deux pôles et du modèle appelé par lui son *box téléphone*. Je l'avais muni d'un cornet de 3 pieds de longueur, et le transmetteur était constitué par deux de mes parleurs, adaptés dans une petite boîte de $0^{m},05$ de largeur sur $0^{m},08$ de longueur, et reliés ensemble en quantité. Le générateur électrique se composait de deux éléments à bichromate de potasse, et la bobine d'induction avait $0^{m},08$ de longueur sur $0^{m},05$ de diamètre. Elle avait été construite tout exprès pour ces expériences. Toutes les personnes qui se trouvaient dans la salle ont entendu très-distinctement non-seulement les chansons, mais encore la parole et les différentes lettres de l'alphabet prononcées isolément. Une petite horloge à réveil placée sur une planche de $0^{m},2$ d'épaisseur a fait entendre ses battements à tout l'auditoire, et ces battements retentissaient comme des coups de marteau sur une enclume. »

M. Hughes ajoute qu'avec la pile seule on peut faire fonctionner le microphone sur un circuit de 10 000 ohms de résistance, mais qu'avec la bobine d'induction on peut correspondre à toute distance.

Nous avons dit en commençant que le microphone pouvait être employé comme thermoscope; mais il doit avoir alors une dispo-

sition particulière, et cette disposition n'empêche pas qu'il soit employé comme transmetteur téléphonique. Il se compose alors d'un tube à parois minces, un tuyau de plume par exemple, que l'on remplit avec cinq ou six fragments cylindriques de charbon, reliés par une poudre semi-conductrice. Les deux fragments qui occupent les deux bouts du tube doivent le dépasser quelque peu, et, en les attachant à un fil métallique très-fin, on en fait deux sortes d'électrodes qui peuvent transmettre un courant à travers ce système de contacts multiples. Or la chaleur, en réagissant sur la conductibilité de ces contacts, peut faire varier dans de si grandes proportions la résistance du circuit, qu'il suffit d'approcher la main du tube pour annuler le courant de trois éléments Daniell. Il suffit en conséquence, pour apprécier l'intensité des différentes sources de chaleur que l'on expose devant l'appareil, d'introduire dans le circuit des deux électrodes dont nous venons de parler une pile de deux ou trois éléments Daniell et un galvanomètre sensible. Quand la déviation diminue, c'est que la source calorifique est supérieure à la température ambiante ; quand elle augmente, c'est qu'elle est inférieure : « Les effets résultant de l'intervention du soleil et de l'ombre se traduisent sur cet appareil, dit M. Hughes, par des variations considérables dans les déviations du galvanomètre. Il est même impossible de le tenir en repos, tant il est sensible aux moindres variations de la température. »

J'ai répété avec un seul élément Leclanché et un galvanomètre de 120 tours les expériences de M. Hughes, et j'ai employé pour cela un tuyau de plume rempli de fragments de charbon provenant d'un des charbons cylindriques de petit diamètre que fabrique M. Carré pour la lumière électrique. J'ai bien obtenu les résultats qu'il indique, mais je dois dire que l'expérience est assez délicate. En effet, quand les fragments de charbon sont trop serrés les uns contre les autres, le courant passe avec trop de force pour que les effets calorifiques puissent faire varier la dérivation galvanométrique ; quand ils sont trop peu serrés, le courant ne passe pas ; il est donc un degré moyen de serrage qui doit être obtenu pour que les expériences réussissent. On observe alors que, quand on approche la main du tube, la déviation, qui était de 90°, diminue au bout de quelques secondes et semble être en rapport avec le rapproche-

ment plus ou moins grand de la main. Mais c'est l'haleine qui produit les effets les plus marqués, et je ne serais pas éloigné de croire que les déviations plus ou moins grandes que provoquent les émissions des sons articulés quand on prononce séparément les différentes lettres de l'alphabet proviendraient d'une émission plus ou moins grande et plus ou moins directe des gaz échauffés sortant de la poitrine. Ce qui est certain, c'est que ce sont les lettres qui provoquent les sons les plus accentués qui déterminent les plus fortes déviations de l'aiguille galvanométrique.

Depuis la présentation que nous avons faite du microphone à la Société de Physique, bien des expériences nouvelles ont été combinées, et il nous aurait fallu recommencer notre article pour les présenter toutes dans l'ordre qui conviendrait à leur exposition logique. Nous renverrons donc le lecteur qui s'intéressera à cette question à l'ouvrage que nous publions en ce moment sur le téléphone et le phonographe. Nous croyons toutefois devoir dire encore quelques mots des nouvelles expériences de M. Hughes qui constatent ce fait incroyable au premier abord, que deux microphones mis en relation peuvent, dans certaines conditions, transmettre et reproduire la parole. Déjà M. Blyth avait publié dans le *Telegraphic Journal* du 15 juin un fait de ce genre, et M. H. Robert Courtenay l'avait également constaté; mais, les expériences qui ont été indiquées ayant été répétées sans succès, on n'y avait prêté qu'une médiocre attention ; celles de M. Hughes étant plus précises et mieux définies, chacun pourra s'en faire une idée nette en les répétant.

Pour obtenir les meilleurs résultats, M. Hughes a recours au microphone parleur que nous avons déjà décrit, mais en le disposant verticalement et en adaptant le charbon fixe à une membrane de parchemin tendue devant un trou fait dans le plancher en face des charbons et en adaptant devant cette membrane, du côté opposé à ces charbons, une sorte d'entonnoir cylindrique servant d'embouchure. En parlant devant cette espèce de téléphone à ficelle, on met tout le système des charbons en vibration et l'on transmet à travers le microphone en correspondance, qui est exactement le même que celui que nous venons de décrire, une série de courants de diverses intensités qui, en réagissant sur les charbons eux-mêmes, déterminent à leurs points de contact des vibrations. Ces

vibrations, communiquées à la membrane de parchemin, reproduisent la parole moins fortement, il est vrai, que dans un téléphone Bell, mais assez distinctement pour qu'on puisse la comprendre. Cet effet peut même être obtenu avec les microphones ordinaires quand on applique l'oreille contre la planche qui sert de support aux charbons et en plaçant bien verticalement le charbon mobile. Dans ces conditions, cependant, on ne peut guère percevoir que les bruits de la montre.

M. Hughes donne une théorie de ces différents effets, mais elle ne nous paraît pas assez sérieusement étudiée pour que nous en parlions ici; il nous suffit de signaler le fait, qui est déjà assez curieux par lui-même pour nous dispenser en ce moment de tout commentaire.

Sur la variation des indices de réfraction dans des mélanges de sels isomorphes; par M. H. Dufet.

Les sels isomorphes présentent, comme on sait, des propriétés optiques analogues; dans les cristaux appartenant aux systèmes à deux axes optiques, le sens de la double réfraction est en général le même, et les indices principaux, rangés par ordre de grandeur, correspondent aux mêmes axes cristallographiques. Des recherches sur ce sujet ont été faites d'abord par de Senarmont; ayant vu dans certains cristaux isomorphes la double réfraction changer de signe, il en conclut qu'il n'y avait pas d'analogie entre la forme cristalline et les propriétés optiques : des conclusions différentes ressortiraient d'un Mémoire de MM. Haldor Topsoë et Christiansen, publié en janvier 1874 dans les *Annales de Chimie et de Physique*. Ces savants ont déterminé, dans de nombreux sels, les valeurs des indices principaux, et ont montré qu'il y avait réellement analogie, mais que, dans certains cas, la différence entre les indices est énorme par rapport à celle des paramètres cristallographiques.

Si, au lieu d'étudier les sels isomorphes à l'état pur, on étudie les propriétés optiques de mélanges dont on connaisse la composition chimique, on voit dans ces propriétés une continuité re-

marquable. J'ai étudié ainsi des mélanges de sulfates de la série magnésienne, et voici quels sont les résultats auxquels je suis arrivé jusqu'à présent, pour des mélanges de sulfates de nickel et de magnésie, à 7 équivalents d'eau.

Ces sulfates cristallisent, comme tous ceux de cette série, en prismes orthorhombiques, voisins de 91°; l'angle est égal à 91°10′ pour le nickel et à 90°38′ pour la magnésie. La bissectrice de l'angle aigu des axes optiques coïncide avec la bissectrice de l'angle aigu du prisme. Il est facile d'obtenir par clivage des faces normales à cette bissectrice et de tailler des prismes ayant leur arête réfringente parallèle aux arêtes du cristal, donnant l'indice moyen par la déviation de l'image ordinaire.

Lorsqu'on fait cristalliser un mélange de ces sulfates, les cristaux sont très-purs, et présentent tous la même composition chimique et les mêmes propriétés optiques. J'ai étudié cinq de ces mélanges, dont la composition a ensuite été déterminée. On trouvera plus loin les compositions centésimales et les indices moyens pour la raie D du sodium. L'indice croît régulièrement à mesure que la proportion de nickel augmente.

J'ai refait, pour les sels purs, sulfate de nickel et sulfate de magnésie, les déterminations complètes des trois indices principaux. Les observations sur le sulfate de magnésie m'ont donné très-sensiblement les mêmes nombres qu'à MM. Topsoë et Christiansen; mais, pour le nickel, j'ai constamment trouvé des nombres un peu plus élevés; les valeurs moyennes des observations sur ce sel sont

$$\gamma = 1,4923, \quad \beta = 1,4893, \quad \alpha = 1,4693$$

au lieu de

$$\gamma = 1,4921, \quad \beta = 1,4888, \quad \alpha = 1,4669. \quad \text{(Topsoë et Christiansen.)}$$

De même, l'angle des axes optiques est un peu plus petit, 41°54′ au lieu de 41°56′. Ce sont là, dans tous les cas, des différences bien faibles et qui tiennent, je pense, à ce que le sel étudié par MM. Topsoë et Christiansen contenait quelques centièmes de sels isomorphes. Le sulfate de nickel est, en effet, de tous les sels de la série magnésienne, celui qui a les indices les plus élevés et le plus petit angle des axes.

En cherchant pour chacun des sels précédents, non plus la com-

position centésimale, mais la composition en équivalents, on arrive à la loi expérimentale suivante :

Les différences entre les indices d'un mélange de deux sels isomorphes et ceux des sels composants sont en raison inverse des nombres d'équivalents des deux sels qui entrent dans le mélange.

En d'autres termes, la courbe qui a pour ordonnées les indices et pour abscisses les équivalents est une droite; j'appelle *équivalent* du mélange la quantité contenant un équivalent de $SO^4, 7HO$, soit 111.

Je donne, dans le tableau suivant, les compositions centésimales et les équivalents des sels étudiés, leurs indices mesurés et calculés par la loi précédente, ainsi que les différences entre l'observation et le calcul :

Sels.	Proportion pour 100 de $MgO, SO^3, 7HO$	$NiO, SO^3, 7HO$	Équivalents.	Indice moyen pour la raie D. Mesuré.	Calculé.	Différences.
$MgO, SO^3, 7HO$.	100	0	123	1,4554	»	»
Mélange 1.....	71,65	28,35	127,51	1,4645	1,4641	+ 0,0004
» 2.....	59,3	40,7	129,58	1,4675	1,4681	— 0,0006
» 3.....	46,1	53,9	131,87	1,472	1,4725	— 0,0005
» 4.....	28,05	71,95	135,12	1,479	1,4788	+ 0,0002
» 5.....	20,9	79,1	136,47	1,483	1,4815	+ 0,0015
$NiO, SO^3, 7HO$.	0	100	140,54	1,4893	»	»

L'analyse du n° 5 aurait eu besoin d'être reprise, mais je n'avais plus de sel à ma disposition.

Cette loi de la variation de l'indice peut être regardée comme une conséquence de la loi de Gladstone sur la constance de l'*énergie réfractive* spécifique dans les mélanges. L'énergie réfractive $\frac{n-1}{D}$ du mélange de deux corps, n'ayant pas l'un sur l'autre d'action chimique, est la somme des énergies réfractives des composants.

Mais il faut remarquer que, pour les sels isomorphes d'une même série, la densité est proportionnelle à l'équivalent. Il suit de là que, si l'on mélange p équivalents d'un corps d'indice n et d'équivalent e, et p' équivalents d'un corps d'indice n' et d'équivalent e',

c'est-à-dire des poids égaux à pe et $p'e'$, on pourra écrire

$$pe\left(\frac{n-1}{d}\right)+p'e'\left(\frac{n'-1}{d'}\right)=(pe+p'e')\left(\frac{N-1}{D}\right);$$

et, comme la densité D du mélange est égale à $\dfrac{pe+p'e'}{\dfrac{pe}{d}+\dfrac{p'e'}{d'}}$, on a, en remarquant que $\dfrac{e}{d}=\dfrac{e'}{d'}$,

$$p(n-1)+p'(n'-1)=(p+p')(N-1),\quad N=\frac{pn+p'n'}{p+p'}.$$

Les sels isomorphes, en cristallisant ensemble, forment donc des mélanges analogues, jusqu'à un certain point, à des mélanges liquides, dont les propriétés physiques sont les moyennes des propriétés des corps composants.

Cela ne doit d'ailleurs être regardé que comme approximatif; la distance des molécules variant avec la direction dans les cristaux biréfringents, le mot *densité* n'a plus de sens précis quand on l'applique à une seule direction. Mais, dans tous les cas, l'approximation est comparable à celle des formes cristallines elles-mêmes.

J'ai mesuré également dans ces cristaux l'angle des axes optiques, qui peut aussi se calculer par la règle indiquée précédemment; mais ici les petites différences entre les indices vrais et les indices calculés influent sensiblement sur la valeur de l'angle : je pense, avec des observations plus précises que j'ai commencées sur des mélanges de sulfates de zinc et de magnésie, arriver à établir la loi de ces perturbations, et rattacher d'une façon plus complète les propriétés optiques des sels isomorphes à leurs formes cristallines.

Recherches sur la réalisation des systèmes de Plateau;
par M. A. Terquem.

(Séance du 15 avril 1878.)

Tous les physiciens connaissent les remarquables travaux de M. Plateau, de Gand, sur l'équilibre des liquides dénués de pesan-

teur. Avec une sagacité extraordinaire, ce physicien a réalisé et étudié les surfaces qui limitent ces liquides, en mettant en suspension l'un dans l'autre des liquides de même densité (de l'huile et de l'alcool étendu d'eau). Plus tard, il parvint à réaliser ces mêmes surfaces avec de l'eau de savon, l'action de la pesanteur sur la masse liquide comprise entre les deux surfaces qui la limitent étant négligeable par rapport aux actions moléculaires.

En outre, avec le même liquide, il put étudier plus complétement les lois auxquelles sont soumises les intersections des lames multiples qui prennent naissance dans l'intérieur des polyèdres dont les arêtes sont formées par des tiges rigides.

Comme les lames obtenues avec de l'eau de savon durent très-peu de temps, à cause de l'écoulement du liquide sous l'influence de la pesanteur, M. Plateau employa un liquide formé par un mélange, en certaines proportions, d'eau de savon, ou mieux d'oléate de soude et de glycérine, liquide auquel il donna le nom de *liquide glycérique*. J'ai déjà indiqué, il y a quelques années, dans le *Journal de Physique* (t. II, p. 409), que l'on pouvait remplacer la glycérine par du sucre. Je donnerai plus loin le procédé que j'emploie pour la préparation de ce liquide.

Quand on veut réaliser des systèmes laminaires d'une certaine étendue, il faut employer une grande quantité de liquide, de 1^{lit} à 2^{lit}, afin de pouvoir plonger et retirer facilement les polyèdres sans toucher les parois du vase. Je suis parvenu à réaliser des systèmes laminaires de dimensions beaucoup plus grandes qu'on n'avait pu le faire jusqu'à présent, tout en employant des quantités beaucoup moindres de liquide, et cela, en remplaçant, dans les solides de Plateau, un certain nombre des arêtes rigides par des fils flexibles, de telle sorte que les polyèdres les plus simples, qu'on emploie ordinairement dans ces expériences, puissent se réduire, quand on les plonge dans le liquide employé, à des polygones plans superposés, par suite du reploiement des arêtes flexibles.

J'ai réalisé, par ce procédé, les expériences suivantes :

1° *Lame liquide soumise à une tension variable.* — Le système employé consiste en deux tiges rigides horizontales (longueur, $0^m,15$; épaisseur, $0^m,004$), réunies par deux fils de soie de $0^m,33$. En plongeant dans l'eau de savon et retirant lentement, les deux fils flexibles, accolés d'abord, s'écartent peu à peu, et l'on obtient

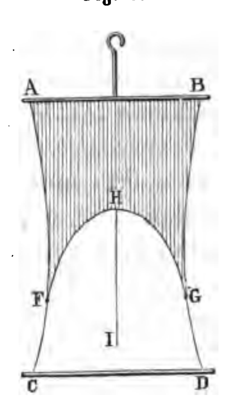
une lame de savon limitée en haut et en bas par deux lignes droites, et latéralement par des arcs de cercle.

Si l'on suspend des poids à un crochet que porte la tige horizontale inférieure, on voit la lame s'allonger, en même temps que le rayon de courbure des arcs latéraux augmente.

2° *Fil flexible placé dans une lame liquide.* — L'appareil employé est presque identique au précédent, si ce n'est que les deux fils latéraux sont reliés en outre par un fil flexible FGH, non tendu. On forme la lame liquide comme précédemment, et l'on suspend le système à une potence.

On prend en main le fil HI (*fig.* 1) qu'on relève verticalement,

Fig. 1.



et si l'on détruit la lame qui existe entre le fil FGH et la tige CD, en la traversant avec un petit morceau de papier buvard, on voit le fil FGH se relever brusquement, et prendre la forme d'un arc de cercle. On peut, à l'aide du fil HI, déformer cet arc ainsi que la lame AFHGB; dès que l'on cesse d'exercer une traction sur le fil HI, l'équilibre primitif se rétablit.

Cette expérience permet de mettre facilement en évidence la tension superficielle des liquides.

3° *Intersection des lames planes* [1]. — Pour étudier les lois relatives aux intersections des lames planes parallèles à une même droite, j'ai pris deux anneaux en fil de laiton (diamètre, $0^m,13$) que

---

[1] Voir PLATEAU, *Statique des liquides*, t. I, p. 349, 355 et suiv.

j'ai réunis par des fils verticaux parallèles et égaux (longueur, $0^m,33$), au nombre de 3, 4, 5, ...

Tout le système étant plongé dans le liquide, quand on soulève l'anneau supérieur, tous les fils verticaux sont d'abord accolés les uns aux autres vers le bas; à la partie supérieure, ils sont réunis par une lame liquide ayant la forme d'un caténoïde; puis ils se séparent peu à peu, à mesure qu'ils sont tendus; les lames supplémentaires prennent naissance, quand il y a plus de trois fils, et se développent peu à peu; enfin il se forme, dans l'anneau inférieur, quand on le retire, les mêmes lames que celles qui ont pris naissance antérieurement dans l'anneau supérieur.

4° *Lames du tétraèdre.* — Le tétraèdre est réalisé à l'aide d'un triangle équilatéral en fil de laiton (côté, $0^m,14$), aux sommets duquel sont fixés ou noués trois fils de soie de même longueur, attachés ensuite ensemble, et passant dans un anneau qui termine une petite tige servant à soutenir tout le système.

On peut ainsi réaliser les expériences décrites par M. Plateau [1].

5° *Lames du cube.* — Pour faire un cube, j'ai pris deux carrés faits avec le même fil de laiton (côté, $0^m,14$), et j'ai réuni les huit sommets deux à deux par des fils de soie, de même longueur que les côtés des carrés. Au carré supérieur, comme dans les systèmes rigides de Plateau, est soudé un étrier qui sert à soutenir le cube et à le suspendre. On peut, avec ce système, réaliser les expériences décrites dans Plateau (p. 318 et 361); en outre, en enlevant un certain nombre de lames liquides, on réalise diverses de ces surfaces, caractérisées par cette condition, que la somme des inverses des rayons de courbure est nulle. Avec le cube, on en obtient trois : 1° une sorte de double selle; 2° trois surfaces hélicoïdales se coupant suivant une diagonale; 3° une surface courbe passant par deux sommets opposés.

6° *Lames de l'octaèdre.* — J'ai réalisé un octaèdre en prenant un carré de même dimension que pour le cube, attachant aux sommets quatre fils flexibles égaux aux côtés du carré, réunis de la même manière que pour le tétraèdre, c'est-à-dire fixés au crochet terminal d'une petite tige; quatre autres fils identiques sont noués également aux sommets et tendus vers le bas par une balle

---

[1] *Statique des liquides*, t. I, p. 321.

de plomb. En plongeant l'octaèdre dans le liquide et le retirant lentement, on obtient les lames figurées dans Plateau (p. 321).

On peut introduire un polyèdre formé par des surfaces courbes dans l'intérieur de l'octaèdre primitif muni de ses lames, en y plaçant une bulle de savon préparée au bout d'une pipe. On réussit mieux de la manière suivante : après avoir plongé tout le système dans le liquide, on retire seulement les quatre fils supérieurs, puis on souffle entre eux une demi-bulle, reposant sur la surface du liquide et tangente aux quatre fils. On soulève lentement; le polyèdre prend naissance dans l'intérieur de l'octaèdre; c'est une sorte d'octaèdre dont les sommets sont remplacés par quatre lignes reliées aux sommets de l'octaèdre extérieur par des triangles. Si, cela fait, on dépose, avec une pipe, six petites bulles aux sommets respectifs de l'octaèdre, on obtient intérieurement un cubo-octaèdre, semblable à l'alun octaédrique, à faces légèrement courbes, relié à l'octaèdre extérieur par des lames et des pyramides quadrangulaires.

Cette expérience est l'une des plus belles qu'on puisse réaliser d'après la méthode de Plateau.

Préparation du liquide. — Le liquide que j'emploie est formé d'une dissolution de savon et de sucre. Les proportions de ces deux corps peuvent varier entre des limites très-étendues, et l'on obtient sensiblement les mêmes résultats.

Je prends habituellement pour 1^{lit} d'eau distillée 15^{gr} de savon de Marseille parfaitement desséché et mis en poudre pour en faciliter la dissolution. Cette poudre est très-hygrométrique et doit être conservée dans un flacon bien bouché. On fait dissoudre le savon à chaud, puis on laisse refroidir et reposer la dissolution au moins vingt-quatre heures, autant que possible à une température assez basse, vers 10° par exemple. On la verse ensuite sur un grand filtre, et l'on recommence la filtration sur le même filtre, jusqu'à ce que le liquide passe complétement clair et limpide, à peine légèrement opalescent. Souvent ce dernier se trouble de nouveau au bout de quelques jours; on le fait alors repasser sur le même filtre. Primitivement, je faisais une dissolution concentrée, que je filtrais et que j'étendais ensuite d'eau : ce procédé n'est pas bon, parce que, si l'on étend une dissolution de savon, elle se trouble au bout d'un certain temps, à cause de l'action décompo-

sante de l'eau sur le stéarate et le margarate de soude, et il faut refiltrer. Dans la dissolution claire de savon ainsi obtenue, j'ajoute environ 30^{gr} de sucre pour 100^{cc} d'eau de savon. S'il y a trop peu de sucre, le liquide s'écoule trop rapidement, et les lames sont de peu de durée ; si l'on en met trop, le liquide devient trop visqueux, et des lames liquides un peu grandes se forment difficilement et lentement.

Le liquide, quelle que soit sa constitution, ne se conserve pas longtemps, surtout en été ; ses propriétés se détruisent d'autant plus vite qu'on l'a employé plus fréquemment et, par suite, mis plus souvent au contact de l'air. Pour le conserver, on le porte à l'ébullition pendant qu'on fait dissoudre le sucre ; on le met ensuite, encore chaud, dans des flacons suffisamment solides, bien bouchés et ficelés, que l'on chauffe encore au bain-marie ([1]). De la sorte, tous les germes de fermentation sont détruits, et le liquide peut être conservé probablement indéfiniment, sans perdre ses propriétés. J'ai constaté, du moins, qu'un liquide, préparé au mois de mai et conservé par ce procédé, essayé au mois de juillet, avait les mêmes qualités qu'au moment de sa préparation ; d'autres liquides de même composition étaient devenus au contraire mauvais au bout de vingt-quatre heures, après avoir servi une seule fois, quand la température extérieure était très-élevée.

Comme le savon attaque assez énergiquement le cuivre, le zinc et le fer, et non l'étain ni l'argent, il est bon de verser le liquide dans des cuvettes de verre, de porcelaine ou de fer-blanc, et, de même, d'étamer ou d'argenter les fils de laiton qui forment les arêtes solides des polyèdres employés.

SÉANCE DU 21 JUIN 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 juin est lu et adopté.

([1]) Les flacons plats se brisent généralement pendant cette opération ; on peut, pour éviter cet accident, fermer les flacons avec un bouchon de caoutchouc percé, et introduire une tige de verre dans ce bouchon, quand le liquide du bain-marie a été porté à l'ébullition pendant dix minutes environ.

Sont élus membres de la Société : MM. Calemard du Genestoux, lieutenant-colonel d'artillerie, à Paris; Combette, professeur au lycée Saint-Louis; Le Gavrian (Paul), ingénieur, à Lille; Paillard-Ducléré (Constant), secrétaire d'ambassade, à Paris; Roger de Blonay, à Paris; Schwedoff, professeur de Physique à Odessa (Russie).

M. Trouvé fait fonctionner deux modèles d'un appareil électro-médical, permettant de régler à volonté la fréquence des émissions du courant induit.

M. Marcel Deprez expose les recherches qu'il a faites pour obtenir à distance des diagrammes représentatifs du travail de la vapeur, dans le cas où la vitesse du piston est trop grande pour que l'indicateur de Watt puisse être utilement employé.

M. Marié-Davy décrit divers appareils inscripteurs qu'il a fait installer à l'Observatoire de Montsouris, et présente à la Société des spécimens des courbes fournies par ces appareils. Tous les styles inscripteurs sont de même largeur, de telle sorte que l'étude microscopique peut se faire sur un même appareil.

M. Javal présente des feuilles de gélatine fuschinée préparées dans le but de corriger le daltonisme, en se fondant sur les faits récemment découverts par M. Delbœuf.

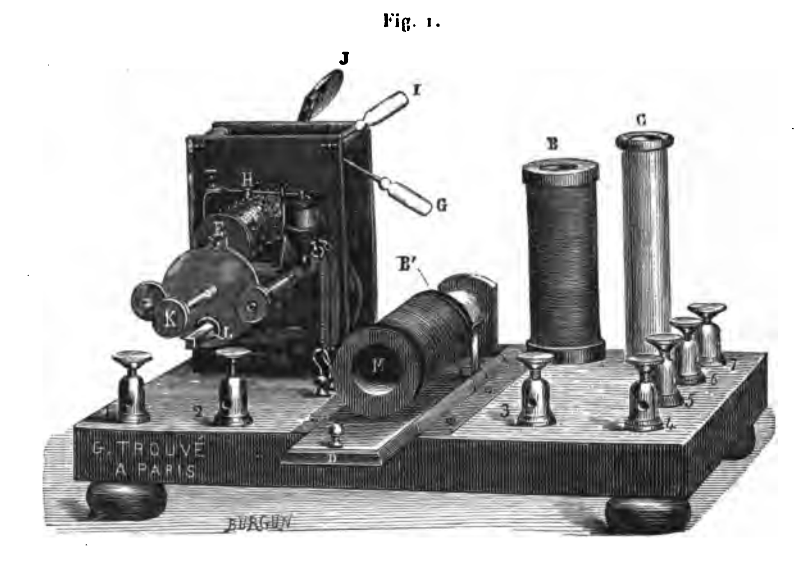
Nouveaux appareils électro-médicaux portatifs, à régulateur des intermittences; par M. Trouvé.

Les deux interrupteurs de courant que je présente à la Société de Physique remplissent le même but, quoique basés sur des principes différents. Le premier, par sa grande précision, est destiné plus particulièrement aux études physiologiques, car il donne à chaque seconde de temps le nombre d'intermittences à $\frac{1}{100}$ de seconde près. Le second, bien que ne pouvant rivaliser de précision avec le précédent, les donne à $\frac{1}{15}$ de seconde; il est plus que suffisant pour la pratique médicale, et répond à un *desideratum* souvent formulé.

On sait quelle importance il y aurait en faradisation à pouvoir

régler à volonté le nombre des intermittences. Jusqu'à présent, dans la pratique médicale ordinaire, on s'était contenté d'appareils munis du trembleur de Neef, avec lequel on peut faire varier le nombre des intermittences entre des limites plus ou moins étendues, mais sans jamais en connaître le nombre. Disons, toutefois, que les physiologistes, comme Duchesne, de Boulogne, avaient cependant entrevu la nécessité de contrôler le nombre des intermittences ou le nombre des passages successifs du courant

Fig. 1.



par chaque seconde de temps. Duchesne, de Boulogne, à cet effet, avait fait disposer une pendule dont le balancier, marquant la demi-seconde, lui donnait à volonté une interruption ou deux par seconde. On utilisa également, dans le même but, le métronome et même la roue de Masson; mais, comme on le voit, ces divers systèmes interrupteurs avaient pour principaux inconvénients d'avoir un champ de variations trop restreint, d'être d'un prix élevé et de n'être pas transportables.

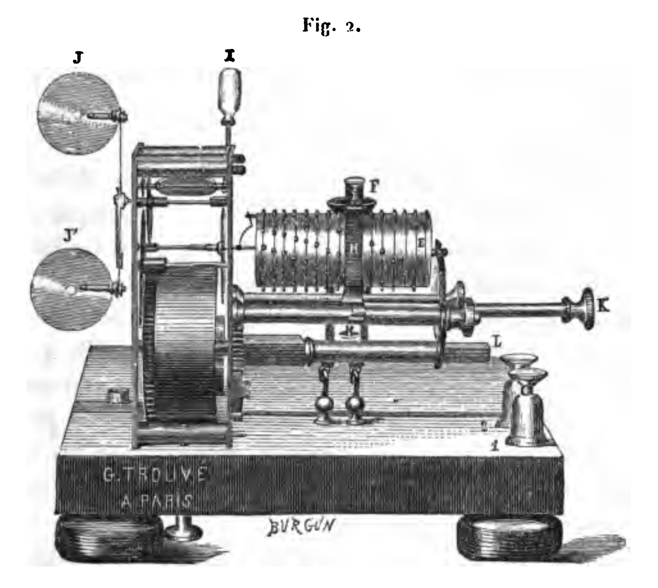
M. le D[r] Onimus, pour juger de l'influence des intermittences lentes ou rapides sur les mouvements du cœur et sur la contractilité musculaire, dans certains cas de paralysie, s'adressa à moi, et voici l'appareil portatif que nous avons réalisé.

I. *Appareil Trouvé-Onimus.* — Cet appareil d'induction à cha-

riot (*fig.* 1) [1] est constitué par une bobine inductrice indépendante des bobines induites, d'une pile hermétique Trouvé, à renversement, des différents accessoires en usage en électrothérapie, et d'un interrupteur spécial qui constitue la partie principale de l'appareil et fait l'objet de cette Communication.

Cet interrupteur (*fig.* 2) se compose d'un cylindre divisé, dans

Fig. 2.



le sens de sa longueur, en vingt parties. Chaque partie est munie, suivant la circonférence du cylindre, d'un certain nombre de touches ou chevilles, dont le nombre croît suivant une progres-

---

[1] M, bobine inductrice et C son tube graduateur.

BB', bobines induites, se plaçant à volonté sur le chariot.

D, cylindre muni de touches ou chevilles, mû par un mouvement d'horlogerie.

FH (*fig.* 2), interrupteur à mercure.

K, bouton pour déplacer le stylet.

JJ' (*fig.* 1 et 2), ailettes du volant à résistances variables.

IG, même levier en positions différentes; I est pour la mise en mouvement du cylindre et G pour l'arrêt instantané.

1 et 2, serre-fils pour recevoir les rhéophores d'une pile à courant continu.

3 et 4, serre-fils de la pile à produire les courants induits.

On recueille ces derniers en plaçant les cordons des électrodes en 5 et 6; pour l'extra-courant, en 6 et 7, on recueille les induits; en 5 et 7, l'extra-courant et les induits réunis.

sion arithmétique, c'est-à-dire qu'à la première division il y a 1 touche ou cheville, à la deuxième 2, à la troisième 3, à la vingtième 20.

Le cylindre est mû par un mouvement d'horlogerie dont la vitesse se règle au moyen d'un régulateur ou volant, à vitesse variable, ce qui permet de donner au cylindre le nombre de tours que l'on désire par seconde. Un stylet se meut à volonté parallèlement à l'axe du cylindre, et peut être mis successivement en contact avec les différents nombres de touches, ce qui a pour but d'interrompre le courant autant de fois qu'il y a de touches à la position qu'il occupe.

Supposons que le stylet se trouve à la première division où il n'y a qu'une touche : si le cylindre ne fait qu'un tour par seconde, le courant sera interrompu toutes les secondes, et, si on lui fait occuper successivement toutes les positions jusqu'à la vingtième, on aura 2, 3, 4, ..., 20 interruptions du courant par seconde.

Donnant donc au cylindre une vitesse de 1, 2, 3, 4, 5, ... tours par seconde, chaque touche sera multipliée par ce même nombre de tours, et l'on obtiendra, avec la plus grande précision, depuis 1 interruption jusqu'à 100, en passant par les intermédiaires, et l'on aura, dans un temps donné, un nombre d'interruptions donné.

Comme, dans la marche du cylindre, il serait impossible de lire les divisions, et, par suite, de placer le stylet au nombre voulu, on a placé parallèlement au cylindre une petite règle en ivoire, divisée aussi en vingt parties qui correspondent aux divisions du cylindre, et, en regard du stylet, une petite aiguille que l'on met sur la division déterminée pour obtenir le nombre d'intermittences voulu.

Je vais expliquer maintenant comment je suis parvenu à obtenir que les passages successifs du courant principal ne varient pas en durée, quel qu'en soit le nombre, dans un temps donné. Cette précision, dans la durée du passage successif du courant, a une importance capitale; autrement, quelle comparaison établir entre des phénomènes qui varieraient entre eux justement comme la source qui les produira?

A cet effet, le stylet E (*fig.* 3) comporte deux contacts A et B, en platine, superposés l'un à l'autre sur une plaque d'ébonite.

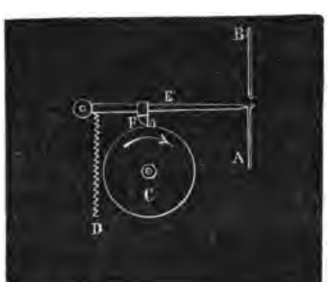
Ces contacts sont mis directement et à volonté dans le circuit

au moyen d'un ressort à boudin. On conçoit, dès lors, que, si le contact supérieur B est dans le circuit, le passage du courant sera établi au moment même où le stylet sera soulevé par une touche du cylindre C, pour cesser immédiatement lorsque la touche sera passée.

Or, comme, d'un côté, toutes les touches du cylindre ont la même vitesse, et que, de l'autre, le stylet E et le ressort antagoniste D restent invariables, il en résulte que le temps du soulèvement du stylet reste lui-même invariable, quel que soit le nombre de soulèvements pour une révolution du cylindre. Il en est de même du passage du courant qui est lié au soulèvement du stylet.

Les choses se passent autrement si la communication électrique

Fig. 3.



a lieu par le contact A, car le passage du courant aura lieu pendant toute une révolution du cylindre, si le stylet est placé sur la première division, soit une seconde par exemple, tandis que le stylet, placé sur la vingtième division du cylindre, le temps du passage du courant, n'atteindra pas $\frac{1}{20}$ de seconde. En un mot, la durée des passages successifs du courant variera comme le nombre même des intermittences, et c'est là le fait de tous les interrupteurs.

Il résulte, des deux effets que je viens d'expliquer, que pour produire des courants induits successifs, rigoureusement égaux, ce qui n'a lieu qu'avec cet appareil, il faudra établir la communication électrique avec le contact B et avec A pour produire des courants continus intermittents ou des courants induits variant en durée.

Les deux serre-fils, 1 et 2, ont été disposés, à cet effet, pour

placer le patient et l'interrupteur dans le circuit d'une batterie à courant constant et continu. Il suffit alors de mettre l'interrupteur en mouvement pour avoir des intermittences.

Je me sers encore de cet interrupteur pour déterminer, d'une manière irréfutable, le nombre des vibrations que doit donner le trembleur d'une bobine de Ruhmkorff quelconque pour obtenir de suite le maximum d'effet.

Dans ce dernier cas, les contacts, au lieu de se faire par les frotteurs métalliques AB, se font dans des auges à mercure, comme dans l'interrupteur de Foucault.

Si l'on examine de près la *fig.* 3, on s'aperçoit facilement que les contacts du stylet E avec les deux renforts frotteurs A, B se font à glissement et tangentiellement, et que, par conséquent, la fermeture et l'ouverture du courant se font instantanément, sans passer par des variations de pression, conditions les plus favorables à la production des courants induits et des chocs musculaires isolés, nets et bien tranchés.

II. *Appareil électro-médical à régulateur des intermittences, à armature articulée sur pivot et extensible, à levier mobile et à limbe gradué.* — Le trembleur comprend une armature montée sur pivot vertical sur laquelle s'ajustent des prolongements métalliques, de façon à ralentir considérablement le nombre de ses oscillations, à les doubler et à les quadrupler à volonté, comme on le verra tout à l'heure.

Je dis oscillations, parce que cette armature, avec sa partie extensible, est un véritable pendule horizontal.

Une lame de ressort en platine, placée parallèlement à l'armature, joue le rôle habituel des ressorts antagonistes des trembleurs ordinaires. Cette lame de ressort n'est en rapport avec l'armature que par son extrémité libre, de façon que, n'en portant pas le poids, elle constitue avec l'armature le trembleur le moins susceptible connu; aussi l'appareil peut-il faire des chutes sérieuses, sans qu'on ait à craindre des détériorations de ce côté.

Un pivot vertical placé un peu au-dessus et à moitié du trembleur, pouvant tourner sur lui-même d'une demi-circonférence, porte, fixées dans la même direction, une aiguille à son extrémité supérieure parcourant un limbe gradué et une dent en platine à moitié de sa hauteur.

On peut donc faire occuper à cette dent toutes les positions que l'on veut, en s'écartant de la perpendiculaire, soit à droite, soit à gauche, jusqu'au moment où elle est parallèle au trembleur. On comprend aisément que plus la dent s'écartera de la perpendiculaire, plus le chemin parcouru par le trembleur sera grand, et, par suite, les oscillations seront de plus longues durées. Si donc on place l'aiguille au point extrême de rotation, le trembleur ne fonctionne pas, puisqu'il n'y a aucun contact, la dent lui étant parallèle, et il reste dans la position normale.

Si je place l'aiguille à la première division du limbe au moment

Fig. 4 ([1]).



où la dent arrive à être en contact, le trembleur, muni de ses rallonges, donnera, par exemple, un battement ou une intermittence par seconde, et la deuxième division du limbe en donnera deux,

([1]) B, bobine avec armature et limbe gradué.

C, étui en ébonite, semblable à celui de la pile, contenant du bisulfate de mercure pour faire fonctionner la pile hermétique Trouvé à renversement.

D, E, F, G, électrodes diverses.

H, prolongement ou partie extensible de l'armature.

K, aiguille indicatrice.

LL', limbe gradué indiquant le nombre de vibrations de l'armature ou trembleur.

Les courants induits se recueillent comme suit :

1-2, extra-courant seul;

2-3, courant induit seul;

1-3, extra-courant et induit réunis;

4-5, contacts pour faire marcher l'appareil avec une pile quelconque dans le cabinet du médecin, afin d'économiser la pile hermétique pour la pratique extérieure.

la troisième 3, la dixième 10, etc., et les intermittences augmenteront jusqu'au moment où l'aiguille, et par cela même la dent, arriveront à être perpendiculaires au trembleur.

Si l'on ôte successivement la première et la deuxième rallonge, qui ont été calculées pour doubler et quadrupler exactement les nombres inscrits sur le limbe, le nombre des vibrations du trembleur sera également double ou quadruple, et l'on obtient ainsi les nombres suivants par chaque seconde de temps :

1°	Trembleur muni de deux rallonges...	1, 2, 3, 4, ..., 10,
2°	» » d'une seule rallonge.	2, 4, 6, 8, ..., 20,
3°	» démuni des deux rallonges.	4, 8, 12, 16, ..., 40.

Les chiffres inscrits sur le limbe sont déterminés préalablement au moyen d'un petit chronographe enregisteur construit spécialement dans ce but.

Appareils servant à relever à distance les courbes représentatives du travail de la vapeur dans les cylindres des machines locomotives; par M. Marcel Deprez.

Tout le monde connaît l'instrument employé habituellement pour mesurer le travail développé dans les cylindres des machines à vapeur. Cet appareil, connu sous le nom d'*indicateur de Watt,* est très-suffisant dans la pratique habituelle lorsque la vitesse de la machine à laquelle on l'applique est modérée, mais ses indications sont entachées de causes d'erreur qui croissent avec la vitesse et deviennent inacceptables lorsque la machine fait de 200 à 250 tours par minute, vitesse habituelle des machines locomotives qui remorquent les trains express. En outre, son application aux locomotives présente des difficultés qui rendent les expériences pénibles, quelquefois même périlleuses pour l'observateur et gênantes pour le service. Ce sont ces considérations qui m'ont amené à imaginer les appareils exposés au Champ-de-Mars, dans le wagon d'expériences de la Compagnie du chemin de fer de l'Est.

Le problème à résoudre était celui-ci : tracer à distance une courbe dont les abscisses et les ordonnées soient respectivement

proportionnelles au chemin parcouru par le piston et à la pression exercée par la vapeur sur ce piston.

La solution à laquelle je me suis arrêté repose sur les deux principes suivants :

1° Imprimer à la feuille de papier sur laquelle doit être tracée la courbe un mouvement rigoureusement proportionnel à celui du piston;

2° Mesurer à une époque quelconque et *instantanément* la pression de la vapeur sur le piston.

Voici comment j'ai satisfait à la première condition. Par suite des liaisons qui existent entre les forces motrices de la locomotive et les pistons, le mouvement de ces derniers est une fonction parfaitement déterminée de l'angle décrit par les roues; il suffit donc d'imprimer à une roue située dans le wagon d'expériences une vitesse rigoureusement égale à celle des roues de la locomotive pour pouvoir reproduire ensuite, grâce à des liaisons convenables, le mouvement des pistons. A cet effet, au moyen de transmissions faciles à imaginer, les roues du wagon servent à transmettre à l'intérieur de ce dernier deux mouvements de rotation dont les vitesses sont très-différentes : l'une est *à peu près égale* à celle des roues de la locomotive; l'autre, beaucoup plus faible, est communiquée à un plateau qui entraîne par adhérence une roulette nommée *roulette correctrice*, dont la distance au centre du plateau peut varier arbitrairement au moyen d'une vis de rappel. Ces deux mouvements, l'un à peu près égal à celui des roues de la locomotive, l'autre beaucoup plus lent, mais arbitraire, sont ajoutés au moyen d'un train différentiel, et c'est leur somme algébrique qui est finalement communiquée à l'axe, qui doit être animé d'une vitesse rigoureusement égale à celle de l'essieu moteur de la locomotive. Voici maintenant comment on constate que cette égalité rigoureuse est atteinte. La roue, animée de la somme des deux mouvements sus-indiqués, porte, suivant un rayon, un tube de Geissler ou un circuit rectiligne interrompu en un point et entraîné dans sa rotation; d'autre part, l'essieu moteur de la locomotive porte un taquet qui interrompt à chaque révolution un courant qui traverse le gros fil d'une bobine d'induction. Cette interruption fait naître dans le fil fin un courant induit qui se traduit par une étincelle ou un éclairement instantané du tube de Geissler. Il est évident que,

si la vitesse de rotation du tube est rigoureusement égale à celle de l'essieu moteur, l'étincelle éclatera toujours au même point de l'espace. C'est donc cette condition qu'on devra remplir en agissant sur la vis de rappel de la roulette correctrice. Mais cette condition, qui est nécessaire, n'est pas suffisante : il faut encore que l'étincelle éclate en un point déterminé de l'espace ; on y arrive dès que l'immobilité apparente de l'étincelle a été constatée, en agissant sur un second train différentiel qui permet d'amener pendant la marche l'étincelle en un point déterminé de la circonférence qu'elle décrit. Ces deux conditions remplies (et elles doivent toujours l'être dans l'ordre indiqué), on est certain que le mouvement imprimé aux deux feuilles de papier est rigoureusement semblable à celui des deux pistons de la machine.

Voici maintenant comment on peut mesurer et enregistrer à une époque quelconque et instantanément la pression de la vapeur sur les pistons.

A chacune des extrémités des cylindres se trouve une petite capacité divisée en deux parties complétement distinctes par une membrane en acier très-mince. La partie inférieure communique avec le cylindre et la partie supérieure avec un petit réservoir d'air comprimé situé dans le wagon. L'amplitude des excursions que peut faire la membrane est limitée par deux plaques métalliques rigides qui ne lui permettent qu'un mouvement de $0^m,001$ à $0^m,002$. Un courant électrique traverse la membrane, l'une ou l'autre des plaques contre lesquelles elle s'appuie, et traverse enfin les bobines de l'électro-aimant d'un de mes petits enregistreurs à pointage, situé en face du papier animé du même mouvement que le piston de la machine. Il résulte de là que, chaque fois que la membrane métallique quittera l'une des plaques d'appui, le courant sera rompu pendant le temps très-court qu'elle met à franchir l'intervalle des deux plaques, et cette interruption aura pour effet de provoquer un pointage sur la feuille de papier. Or, la membrane métallique ayant une très-faible épaisseur et une grande surface ne peut quitter une des plaques d'appui pour aller sur l'autre, qu'au moment où la pression de la vapeur sur l'une de ses faces différera extrêmement peu de la pression de l'air comprimé sur l'autre face. Le fonctionnement de l'enregistreur indiquera donc qu'il y a équilibre entre ces deux pressions ; d'ailleurs, la pression de l'air com-

primé est donnée par un indicateur ordinaire de pression dont le piston, au lieu de porter un crayon, porte précisément l'enregistreur. Ce dernier se déplace donc parallèlement à l'axe des ordonnées de la courbe qu'il s'agit de tracer de quantités proportionnelles à la pression. Donc, enfin, le point marqué par lui sur le papier aura pour abscisses le chemin parcouru par le piston depuis l'origine et pour ordonnée la pression de l'air comprimé (et par suite celle de la vapeur) à l'instant considéré. Ce point appartiendra donc à la courbe représentative du travail de la vapeur dans le cylindre. Pour obtenir un second point, il suffit de donner à l'air comprimé une pression plus faible par exemple. En généralisant ce qui vient d'être dit, on voit que l'on obtiendra autant de points qu'on voudra en laissant simplement l'air s'écouler lentement par une fuite capillaire. L'enregistreur marquera alors deux points de la courbe à chaque tour de roue de la machine, et, si l'écoulement de l'air est suffisamment lent, on obtiendra des points très-rapprochés les uns des autres. Il est facile de voir, d'ailleurs, qu'un seul enregistreur suffit pour tracer les deux courbes relatives aux deux faces d'un même piston, à la condition que le courant électrique traverse *successivement* les deux membranes, de façon que le mouvement d'une seule des deux suffise pour le rompre. Il résulte également de là qu'*un seul indicateur* suffit pour tracer simultanément les courbes relatives à un nombre quelconque de machines à vapeur, à la condition qu'il y ait autant de feuilles de papier animées de mouvements propres et autant d'enregistreurs qu'il y a de machines. Dans le wagon d'expériences, il y a deux cadres destinés à recevoir les deux feuilles de papier correspondant aux deux pistons de la locomotive.

Dans cette courte description, j'ai passé sous silence beaucoup de détails qui l'auraient allongée outre mesure, mais dont il a fallu absolument tenir compte pour arriver au succès. J'espère en avoir dit assez pour bien faire comprendre les difficultés de la question et les efforts que j'ai faits pour en donner une solution absolument rigoureuse.

Enregistreurs météréologiques; par M. Marié-Davy.

Il n'est guère, aujourd'hui, d'observatoire météorologique qui ne soit muni d'appareils enregistreurs. Le nombre de ces appareils est donc déjà considérable, et les systèmes adoptés pour leur construction sont presque aussi nombreux. A l'Observatoire de Montsouris, j'ai préféré l'enregistrement continu à l'enregistrement par points, et les tracés effectués par une pointe métallique fine sur papier glacé et noirci au noir de fumée, à l'emploi du crayon ou au gaufrage par pression ou par choc.

Le *barographe* de Montsouris est un baromètre-balance imaginé par le P. Cecci et adopté ultérieurement par le P. Secchi. Le tube barométrique AB (*fig.* 1) est en fer, de $0^{m},03$ de diamètre intérieur, et du même calibre dans toute sa longueur. Il est fixe, et porte, à son extrémité inférieure, un manchon plongeur dont la section pleine est égale à la section vide du tube barométrique. La cuvette C est en fonte, et suspendue à l'une des extrémités d'un fléau de balance D, dont l'autre extrémité porte un contre-poids E. Le centre de gravité du fléau chargé coïncide, autant que possible, avec l'arête du couteau central, de manière à rendre l'équilibre indifférent. Il en résulte que, quand, par suite d'une hausse barométrique, une partie du mercure monte de la cuvette dans le tube, celle-ci, devenue plus légère, tend à s'élever, ce qui a pour effet d'introduire dans le mercure de la cuvette une longueur plus grande du cylindre plongeur. L'équilibre n'est rétabli que quand, le volume du mercure déplacé par le plongeur étant égal à celui qui correspond dans le tube à l'accroissement de hauteur de la colonne barométrique, le niveau du mercure de la cuvette est revenu à son point constant, et que, par suite, le poids apparent de cette cuvette a repris sa valeur fixe. C'est l'aiguille *h* du fléau de la balance qui marque ses déplacements à la surface du cylindre noirci *k*. Reste à lire ses indications. Pour y parvenir plus sûrement, le support du cylindre porte un électro-aimant dont l'armature est munie d'un bras armé d'une pointe métallique [1]. En temps ordinaire, cette

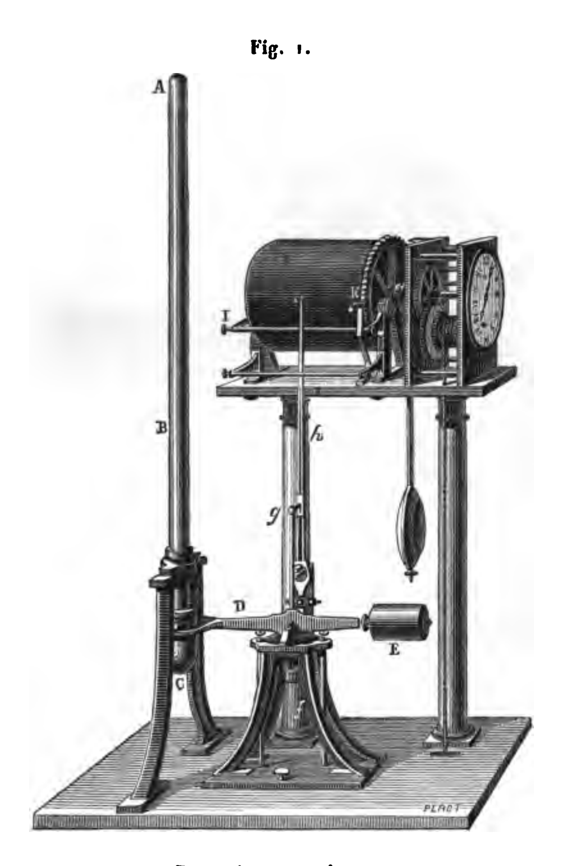
---

[1] Cet électro-aimant, qu'on voit dessiné dans le thermographe (*fig.* 4), n'est pas représenté dans la *fig.* 1. L'aiguille fixe *k* en tenait lieu.

N. B. — Nous devons à l'obligeance de M. Gauthier-Villars les figures qui accompagnent cet article, et qui sont extraites de l'*Annuaire de Montsouris* pour 1879.

pointe est fixe et trace, sur le cylindre, une ligne de repère servant de point de départ pour mesurer les ordonnées de la courbe barométrique; mais à chaque heure l'électro-aimant est actionné par une pendule marquant l'heure sur tous les enregistreurs; la pointe

Fig. 1.

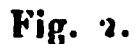


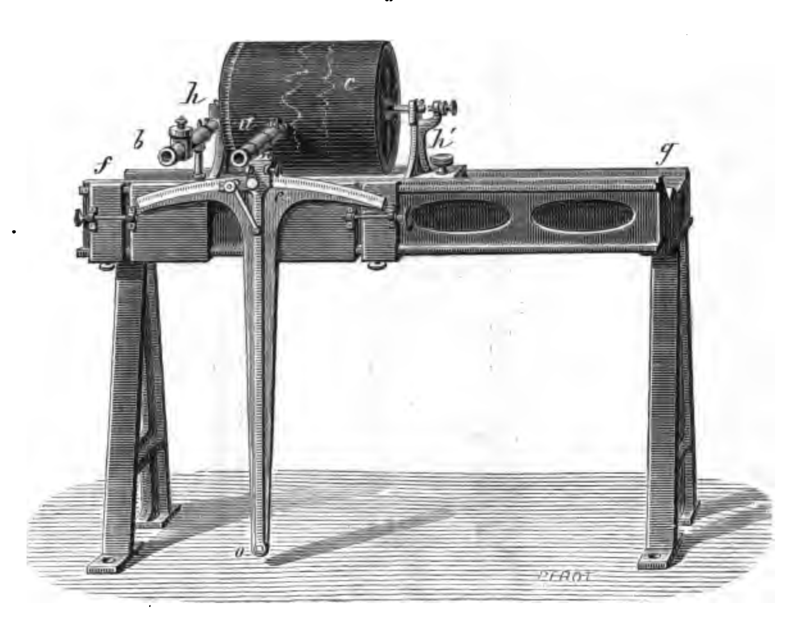
Baromètre enregistreur.

s'écarte momentanément de la ligne de repère, et dessine un trait net qui se reproduit au même instant sur les autres cylindres. A la fin de chaque semaine, le cylindre est enlevé pour être remplacé par un autre préparé à l'avance, et il est transporté sur l'appareil des lectures.

Cet appareil (*fig.* 2) se compose d'un banc en fonte horizontal *fg*, muni, sur sa table supérieure, de deux colonnes *h*, *h'*, destinées à

supporter l'axe du cylindre, et, sur une seconde table verticale, de deux microscopes dont les chariots peuvent se déplacer soit isolément, soit d'ensemble dans la direction horizontale. Une vis sans fin permet d'imprimer au cylindre un mouvement de rotation sur son axe, afin de présenter successivement les diverses génératrices du cylindre en avant des viseurs.


Fig. 2.



Micromètre servant à la lecture des courbes tracées par les enregistreurs.

Le microscope *b* reste toujours pointé sur la ligne des repères, et c'est pour suivre cette ligne dans les déplacements accidentels qu'elle pourrait subir, que les deux viseurs peuvent se déplacer d'ensemble par l'action d'une vis de rappel. Ce premier microscope de la ligne des repères porte en son foyer deux fils croisés, l'un horizontal, l'autre vertical. A chaque lecture horaire, un des traits horizontaux de la ligne des repères est amené sous le fil horizontal du microscope. Mais, comme la courbe barométrique présente souvent des inflexions dont il est utile de noter l'heure exacte, le point intéressant de cette courbe étant amené sous le microscope mobile *a*,

un second fil horizontal, mobile par une vis micrométrique, sert à mesurer la distance de ce point au trait horaire immédiatement en avant.

Le microscope *a* est porté à l'extrémité d'un bras de levier dont la longueur est égale à celle de l'aiguille barométrique; il décrit, par suite, un arc de cercle de même rayon que la pointe de l'enregistreur. Ce second microscope porte une croisée de fils comme le premier, mais sans fil mobile. Le microscope des repères étant pointé sur un signe horaire, on amène l'axe du second sur le point correspondant de la courbe. Le sinus de l'angle de position de son levier, multiplié par un facteur constant et augmenté d'un nombre également constant, donne la hauteur du baromètre au moment choisi. Quand le dépouillement de la courbe est ainsi fait et vérifié, la feuille de papier noirci est enlevée du cylindre et trempée dans une dissolution faible de gomme laque ou de copal dans l'alcool. Le noir de fumée est fixé et la feuille est mise en carton.

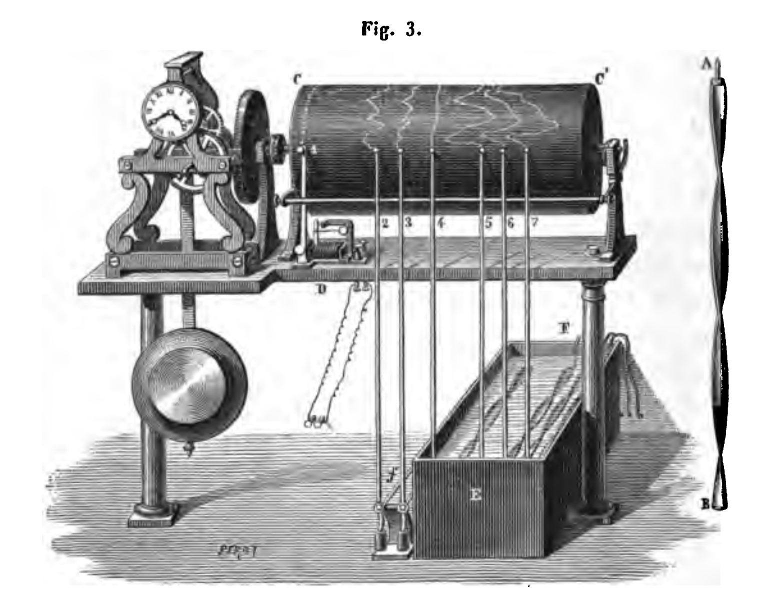
Les plus faibles variations barométriques sont ainsi accusées avec une grande fidélité, et à l'examen des courbes on reconnaît aisément l'influence que l'état dynamique de l'atmosphère ajoute ou retranche à son poids dans la pression qu'il exerce sur le sol. Il convient d'ajouter que l'uniformité du calibre du tube barométrique annule à peu près complétement l'action de la température sur les indications de l'instrument.

Les *thermographes* fonctionnent par un procédé analogue, sauf que le moteur est ici formé par un tube Bourdon en cuivre écroui, à section elliptique très-allongée, et tordu sur lui-même en une sorte de spire dont le pas varie de $0^{m},020$ à $0^{m},030$, suivant l'objet que l'on se propose. AB (*fig.* 3) représente un de ces tubes formant un peu plus d'une spire. Ce tube est exactement rempli d'alcool et fermé à ses deux extrémités. La dilatation de l'alcool l'oblige à se détordre; mais, pour que son élasticité se conserve, la pression intérieure, correspondant aux plus hautes températures à atteindre, ne doit pas dépasser 8 ou 9^{atm}. Cette pression est d'autant plus grande, que le pas de la spire est plus court. Le tube torse est fixé par l'un de ses bouts; l'autre extrémité libre porte l'aiguille mobile chargée des indications. A Montsouris, cette aiguille a $0^{m},50$ de longueur, comme celle du baromètre. Le procédé de

lecture des courbes reste ainsi exactement le même pour tous les enregistreurs à aiguille.

Le nouveau thermographe de l'Observatoire de Montsouris comprend sept aiguilles fonctionnant sur le même cylindre. La première aiguille (n° 1) appartient à l'électro-aimant chargé de tracer la ligne de repère et les signes horaires; les aiguilles 2 et 3

Fig. 3.



Thermographe.

appartiennent au psychromètre; les aiguilles 4 et 5 inscrivent la température de la surface d'un sol exposé à l'air sans abri; les aiguilles 6 et 7 correspondent à l'actinomètre.

Le *psychromètre* est formé de deux tubes torses placés extérieurement sur la face nord du kiosque en bois qui abrite le cylindre, et perpendiculairement à cette face. Leur extrémité la plus éloignée est fixe, l'autre se prolonge au travers de la paroi du kiosque par une tige de cuivre pleine portant l'aiguille indicatrice. L'un des tubes torses est nu et forme le thermomètre sec; l'autre est enveloppé de batiste et maintenu mouillé au moyen de mèches de coton plongeant dans de petits godets en verre, mis en relation avec un flacon de Mariotte placé dans le kiosque à l'aide

d'un tube long et fin de caoutchouc. Un instrument de ce genre fonctionne depuis environ quinze mois à Montsouris ; sa marche est régulière et sa sensibilité très-grande.

Le *thermomètre du sol* se compose de deux parties : un réservoir thermométrique en cuivre noir est placé à la surface d'un bloc de terreau dont le sommet affleure la plate-forme du toit du kiosque ; ce réservoir communique par un tube de cuivre capillaire avec un tube torse placé dans le kiosque sous le cylindre de l'enregistreur. Quand la température du sol monte, une partie de l'alcool passe du réservoir supérieur dans le tube torse, la pression s'accroît et le tube se détord ; mais le tube torse lui-même et son tube de cuivre capillaire passent eux-mêmes par des températures variables qui compliqueraient les résultats. Un second tube torse, semblable au premier, muni de son tube capillaire, sert à donner les corrections nécessaires. Les deux tubes torses sont disposés parallèlement dans une cuve EF remplie d'eau glycérinée : les deux tubes capillaires sont soudés l'un à l'autre dans toute leur longueur. Les deux aiguilles tracent deux courbes, l'une très-peu sinueuse, l'autre très-accidentée : on mesure la différence de leurs ordonnées. On obtient ainsi les températures d'un sol exposé au soleil le jour, au rayonnement nocturne pendant la nuit, à la pluie et à l'évaporation.

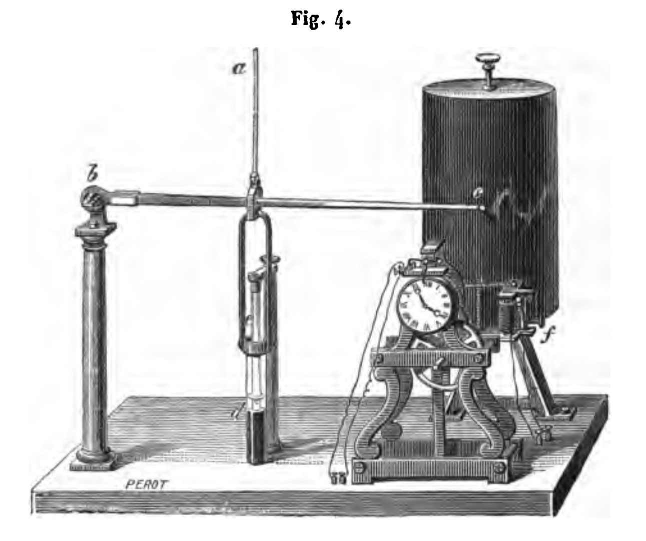
L'*actinomètre* se compose également de deux tubes torses couchés parallèlement dans la cuve d'eau glycérinée EF et de deux tubes capillaires. A chacun de ces tubes correspond un réservoir placé au sommet du toit du kiosque, et renfermé dans une enveloppe de verre dans laquelle on a fait le vide sec. L'un des réservoirs est argenté, l'autre a été noirci. Placés symétriquement à peu de distance l'un de l'autre et loin de tout abri, ils donnent les mêmes indications durant la nuit ; mais, pendant le jour, le thermomètre noir marque plus haut que le thermomètre blanc. Les différences des ordonnées des courbes tracées par les deux aiguilles servent à mesurer le degré actinique. Chaque nuage qui passe sur le soleil donne lieu à un abaissement rapide et considérable des températures des thermomètres blanc et noir et de celle de la surface du sol.

L'*atmographe* est un troisième instrument enregistreur destiné à marquer les variations de poids que subit un bloc de terre dont

la surface affleure le sommet de la plate-forme du toit du kiosque, et est exposée au soleil, à l'évaporation, aux pluies, neiges et rosées. A peu de distance est le pluviomètre enregistreur. La comparaison des deux courbes montre ce que devient l'eau qui tombe sur la terre nue, sans végétation, et fait la part de ce qui en retourne à l'atmosphère par évaporation, et ce qui en pénètre dans le sous-sol supposé perméable ou drainé. Un autre atmographe, autrefois présenté à la Société de Physique (¹), donne les mêmes indications pour un sol garni de plantes diverses; mais ce dernier étant abrité du vent doit être arrosé suivant les besoins.

La *fig.* 4 représente seulement l'enregistreur de l'atmographe.

Fig. 4.



Enregistreur de l'atmographe.

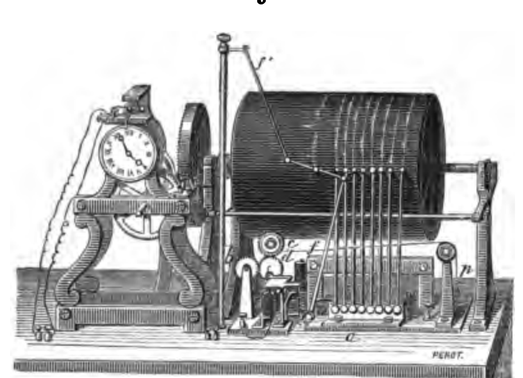
a est la partie inférieure de la tige qui est suspendue à l'extrémité du bras de la bascule, sur laquelle est placé le bloc de terre. Un second bras de levier *bc* suit, en les amplifiant, les mouvements de cette tige qu'elle inscrit sur le cylindre vertical recouvert de papier noirci au noir de fumée. Cette même tige porte une éprouvette en verre *d*, garnie de mercure, dans laquelle plonge un tube de

(¹) Séances de la Société française de Physique, année 1877, p. 98.

verre *e* qui est fixe. Le diamètre de cette tige est calculé de telle sorte, que la pointe *c* parcourt $0^{m},1$ pour chaque millimètre d'eau gagnée ou perdue par le bloc de terre. En temps calme, on peut donc apprécier les $\frac{2}{100}$ de millimètre ; mais, quand l'air est agité, les composantes verticales du vent font osciller l'aiguille et diminuent la précision des lectures.

L'*anémographe* (*fig.* 5) nous donne, à la fois, la direction du

Fig. 5.



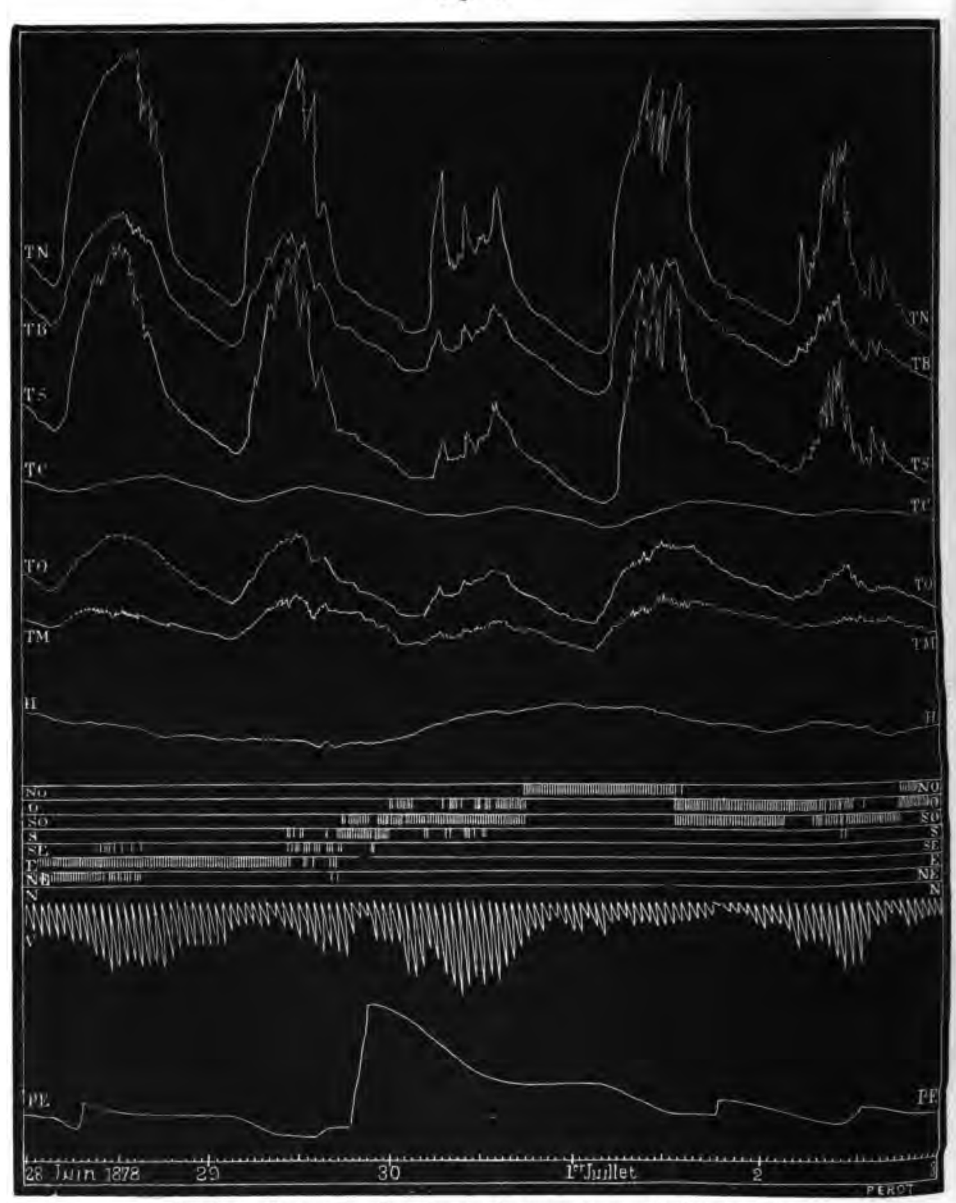
Anémographe.

vent et sa vitesse moyenne par heure. Huit électro-aimants communiquant électriquement avec les secteurs disposés sur la girouette suivant les huit rhumbs principaux du vent peuvent, en fonctionnant isolément ou deux à deux, inscrire les vents de seize directions, ce qui est nécessaire, mais suffisant, pour les besoins de la Météorologie. Un neuvième électro-aimant est actionné chaque fois que le moulinet Robinson accuse un chemin de 1^{km} parcouru par le vent. La roue dentée *b* marche alors d'une division, et son mouvement est transmis par la roue satellite *d* à une troisième roue dentée *c*, sur l'axe de laquelle s'enroule un fil *cp*. La pointe des vitesses marche alors de 1^{mm} vers la gauche. Cet effet se reproduit pendant une heure à chaque kilomètre parcouru par le vent ; mais, à la fin de chaque heure, l'aiguille de la pendule établit un contact électrique ; la roue satellite *d* s'abaisse ; la roue *c* devient libre et le poids *p* ramène la pointe métallique à son point de départ.

La *fig.* 6 présente un spécimen des courbes tracées par les en-

registreurs du 28 juin au 3 juillet 1878 : elles ont été réduites au tiers de leur grandeur naturelle.

Fig. 6.



Spécimen des courbes fournies par les enregistreurs de Montsouris.

En commençant par le haut, nous trouvons d'abord les deux courbes TN et TB dont l'ensemble fournit les données actinométriques : TN est la courbe du thermomètre noir, TB celle du thermomètre blanc.

Les deux courbes suivantes, TS et TC, donnent la température de la surface du sol sans abri ; TS correspond au thermomètre du sol ; TC donne la correction à faire aux ordonnées de la première.

Les deux courbes TO et TM sont celles du thermomètre sec et du thermomètre mouillé : elles donnent, outre la température de l'air à l'ombre, son degré hygrométrique et la force élastique de sa vapeur.

H est la courbe des pressions barométriques.

Au-dessous se trouvent huit lignes droites correspondant aux huit directions principales du vent : les lignes verticales qui s'en détachent marquent celles de ces directions dans lesquelles le vent a soufflé. Au-dessous encore, se trouvent marquées les vitesses V du vent en kilomètres à l'heure.

La dernière courbe PE est donnée par l'atmomètre. L'accroissement des données verticales de cette courbe marque les pluies ; leur diminution mesure l'évaporation. Malgré des pluies fréquentes et une fois très-copieuses, la terre, au 3 juillet, avait à très-peu près repris son poids du 28 juin.

Enfin la dernière ligne est la ligne des repères avec les signes horaires.

SÉANCE DU 5 JUILLET 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 juin est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Olivier (Louis), licencié ès sciences naturelles, à Elbeuf; Poussin (Louis), avocat, à Elbeuf.

Le Président donne lecture d'une lettre de M. Adams, président de la Société de Physique de Londres, lui annonçant l'élection,

comme membre *ex officio* de cette Société, du président de la Société française de Physique. Après cette lecture, le président propose, sur l'avis unanime du Conseil, d'inscrire à perpétuité parmi les membres de la Société française de Physique le président de la Société de Physique de Londres. Cette proposition est votée à l'unanimité.

M. Maumené expose les recherches qu'il a faites sur la quantité de chaleur que l'huile dégage par son mélange avec l'acide sulfurique.

M. Mercadier présente, au nom de M. Albert Duboscq, des diapasons entretenus électriquement, et montés de façon qu'on puisse répéter facilement et même projeter un grand nombre d'expériences d'acoustique.

M. Mascart présente, au nom de M. Silvanus P. Thompson, professeur à University College, Bristol, qui assiste à la séance, une série de plaques sur lesquelles ont été obtenues directement les lignes de forces magnétiques dans diverses circonstances : ces plaques sont projetées à l'aide de l'appareil de M. Duboscq et donnent des images très-nettes et fort intéressantes. Pour obtenir ces plaques, M. S.-P. Thomson emploie des lames de verre qu'il recouvre d'une dissolution contenant de la gomme arabique et de la gélatine, et qu'il laisse sécher. Lorsque la surface est devenue solide, l'aimant ou le courant étant placé convenablement, on projette de la fine limaille de fonte sur la plaque rendue horizontale, et, en la frappant à petits coups secs avec une baguette de verre, on facilite le groupement de cette limaille. Lorsque l'arrangement de la poussière métallique est définitif, on projette sur la plaque, à l'aide d'un tube de caoutchouc, un peu d'eau assez lentement pour ne pas déplacer la limaille, qui se trouve alors fixée dans la couche de gomme ramollie, qui se durcit ensuite en donnant une image désormais invariable de la disposition obtenue. Un constructeur de Londres, M. York, est chargé de faire la reproduction des figures déjà obtenues par M. S.-P. Thompson (au nombre de 40), de telle sorte que celles-ci peuvent devenir réellement classiques.

M. Maurat fait fonctionner un sonomètre de M. Camiolo, basé sur la loi, convenablement corrigée, qui lie la hauteur du son rendu par une corde tendue à la valeur du poids qui la tend.

SÉANCE DU 19 JUILLET 1878.

PRÉSIDENCE DE M. D. GERNEZ.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 juillet est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Aymonnet, répétiteur à l'École de Grignon; Édelberg, ingénieur-opticien à Kharkoff (Russie); Teploff, colonel du corps du génie impérial russe, à Saint-Pétersbourg.

Plusieurs membres ayant demandé que, en raison de l'Exposition, la Société tienne pendant les vacances quelques séances supplémentaires, le Président met aux voix cette proposition, qui est adoptée.

M. Mercadier s'est proposé de mesurer les différences de phase des mouvements vibratoires de deux diapasons.

En les faisant vibrer régulièrement, M. Lissajous a pu tirer des courbes alors produites le rapport $\frac{m}{n}$ des nombres de leurs vibrations, mais non la valeur de la différence de leurs phases. M. Mercadier les fait vibrer parallèlement.

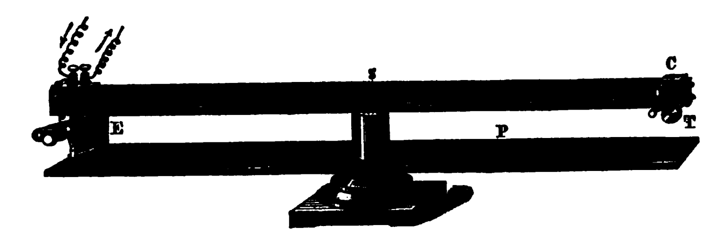
Qu'on les suppose, par exemple, munis tous deux d'une fente, celle de l'un étant parallèle à celle de l'autre et dans une direction normale au mouvement vibratoire qui les entraîne; les deux fentes sont placées en regard l'une de l'autre, de façon que, quand les diapasons sont au repos, l'œil puisse voir à travers le système un trait lumineux placé de l'autre côté; les rayons lumineux arriveront à l'œil pendant le mouvement, toutes les fois que les deux fentes se retrouveront en regard. M. Mercadier montre alors que, par suite de la persistance des impressions sur la rétine, on apercevra un système de traits parallèles et inégaux en intensité; on tirera de leur nombre total le dénominateur du rapport $\frac{m}{n}$; de la comparaison du nombre des faibles et des fortes le numérateur, et enfin des relations de distance qu'elles présenteront, la différence de phase des deux mouvements vibratoires.

M. Duboscq projette le phénomène dans le cas de l'unisson.

M. Ducretet montre une forme nouvelle de l'expérience de Melde, réalisée par M. Schwedoff.

Appareil pour l'étude des mouvements vibratoires des cordes; par M. Th. Schwedoff.

Cet appareil de démonstration est d'une grande simplicité. Les ondes stationnaires de la corde vibrante sont obtenues au moyen d'un trembleur électrique E : les phénomènes de vibration persistent aussi longtemps qu'on le désire, sans changer d'intensité.



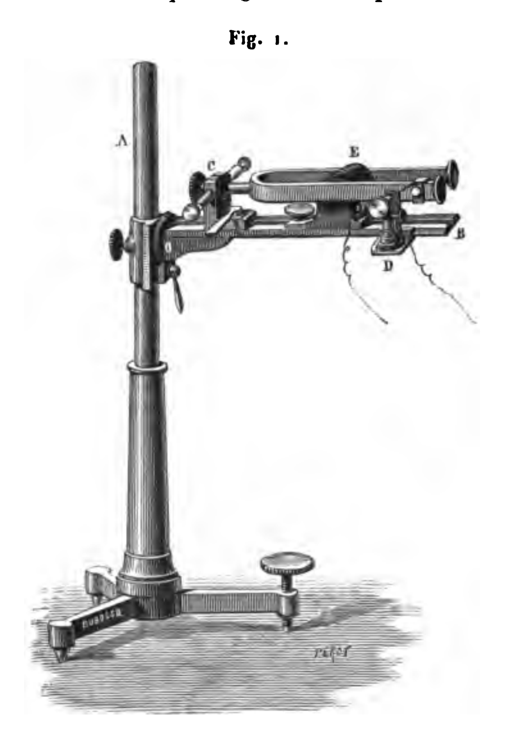
Ce trembleur E ne diffère pas de ceux employés pour les sonneries électriques; la corde fixée à la palette de fer doux du trembleur suit ses mouvements et vibre transversalement. L'autre extrémité de la corde est fixée à un tendeur T, qui permet de faire varier la tension. Un curseur mobile C permet de faire varier la longueur de la partie vibrante, indiquée par les divisions du support S. La planchette P en bois noirci sert d'écran devant la corde vibrante. Les ventres et les nœuds qu'on observe sont d'une grande netteté. Une certaine tension du tendeur T ne donne qu'un seul ventre; en la *diminuant* graduellement, on obtient facilement 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ... ventres, séparés par des nœuds qui semblent immobiles. Ces ventres ayant beaucoup d'ampleur (corde de soie ou de coton blanc), quelques points noirs tracés sur la corde laissent l'impression de ses vibrations; on voit parfaitement qu'elle vibre dans un plan si les rapports entre les vibrations du trembleur et de la corde sont justes; dans le cas contraire, elle exécute des mouvements elliptiques ou circulaires.

Toutes les lois sur les vibrations des cordes peuvent être vérifiées. Au tendeur à friction T peut être substitué un tendeur à poids variables. Cet appareil, construit par M. E. Ducretet, a été présenté, au nom de M. Schwedoff, à la Société française de Physique.

Support universel ou électro-diapason permettant d'inscrire et montrer en projection les mouvements vibratoires; par M. Albert Duboscq.

Ce support permet de disposer les diapasons de manière à répéter un grand nombre d'expériences avec le même appareil. Il se compose d'une tige cylindrique verticale A, le long de laquelle se déplace une douille munie d'une sorte de cornière fixée à une coulisse horizontale B, sur laquelle glisse le diapason. La cornière peut

Fig. 1.



tourner autour d'un axe horizontal O et se fixer au moyen d'une pince de serrage. Le diapason se place sur un support C glissant sur la coulisse ; cette disposition permet donc de fixer le diapason à une hauteur variable et dans un azimut quelconque, d'approcher ou d'éloigner ses extrémités d'un point déterminé, et de placer le sens des vibrations dans un plan vertical, horizontal ou oblique.

Les vibrations du diapason sont entretenues électriquement par un système analogue à celui employé par M. Mercadier et décrit dans le *Journal de Physique*, t. II, p. 350. A cet effet, un électro-aimant E et un interrupteur D glissent le long de la coulisse, le premier intérieurement et le second extérieurement aux branches du diapason. Un style attaché à une petite pince s'adapte sur l'une des branches en regard de l'interrupteur. Le courant entre par l'électro-aimant passe du diapason par le style et retourne à la pile.

On place sur les branches du diapason des pinces ou curseurs portant : des glaces noircies, des styles inscripteurs, des miroirs, contre-poids, lentilles, etc., servant à la projection des figures de M. Lissajous, expériences de Melde, inscription de deux mouvements vibratoires parallèles ou rectangulaires, intervalle déterminé, battements, etc., etc. Cet appareil peut servir de chronoscope et de phonoptomètre.

Deux supports identiques à celui qui vient d'être décrit forment l'ensemble de l'appareil à l'aide duquel on peut répéter les expériences suivantes :

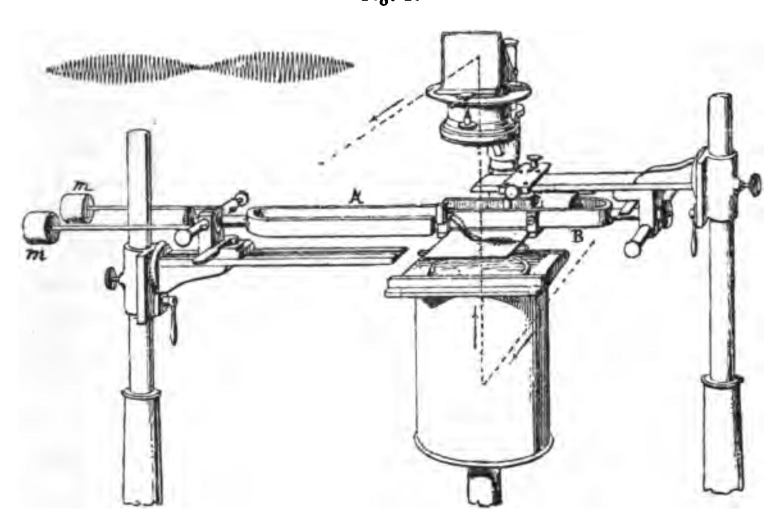
1° *Inscription en projection de deux mouvements vibratoires parallèles; battements.* — Sur l'un des supports on place le diapason B (*fig.* 2) que l'on fera vibrer électriquement. A l'une de ses branches on fixe, à l'aide de curseurs spéciaux, une glace noircie que l'on dispose au-dessus de l'appareil à projection horizontale de M. J. Duboscq. Sur la seconde branche, on place le curseur à style interrupteur et des curseurs contre-poids destinés à équilibrer la glace. On remarque ici que tout le système est renversé, c'est-à-dire que le diapason est placé en dessous, afin que la glace noircie s'approche le plus près possible de la lentille condenseur de l'appareil à projection, pour obtenir le plus grand champ éclairci possible.

Sur le second support, on place le diapason A équilibré à l'aide de poids mobiles m, m', portant à l'une de ses extrémités un curseur à style inscripteur; on supprime le système électrique, et l'on fait vibrer le diapason à l'archet, puis on le fait glisser le long de la coulisse en bronze du support, de manière que le style du diapason A trace en même temps sur la glace noircie, portée par le diapason, la combinaison de ces deux mouvements vibratoires.

On règle la position des curseurs de façon à obtenir l'unisson ; on voit alors une sinusoïde régulière se projeter sur l'écran, en même temps qu'elle se trace sur la lame de verre. S'il existe une petite différence entre les deux diapasons, on obtient alors des battements, et la courbe présente des nœuds et des ventres, comme l'indique la *fig.* 2.

Si l'on place le support du diapason A perpendiculairement au diapason B, on peut également inscrire et projeter la combinaison de deux mouvements vibratoires perpendiculaires.


Fig. 2.



2° *Inscription des intervalles.* — Pour inscrire l'intervalle des sons donnés par deux diapasons, on en place un sur chaque support, et on les munit chacun d'un style inscripteur équilibré par des curseurs contre-poids; on fait vibrer électriquement les diapasons que l'on place l'un vis-à-vis de l'autre, un peu de côté, leurs axes étant parallèles : les styles sont côte à côte et tournés dans le même sens.

Sur l'appareil à projection on place une planchette à rainure, dans laquelle glisse une glace noircie, divisée à l'avance en traits parallèles équidistants. Les diapasons étant en vibration, on fait glisser la glace, que l'on tire à l'aide d'un fil, sur laquelle les deux styles tracent les courbes représentant les mouvements vibratoires

des diapasons. En comptant sur chaque courbe le nombre de vibrations comprises entre deux mêmes traits, on peut déterminer l'intervalle des sons donnés par les diapasons.

Sur un élement nouveau de la détermination des chimi-calories; par M. E.-F. Maumené.

Les modifications moléculaires dont la chaleur peut être la cause ont déjà fourni le sujet d'études nombreuses, mais toujours à l'unique point de vue des modifications physiques.

On sait que beaucoup de corps simples ou composés changent de couleur avec la température. Le biiodure de mercure dont la *couleur froide,* on pourrait dire, est le rouge écarlate, offre une *couleur chaude* jaune d'or. Ces changements de couleur sont parfois tout à fait passagers ; ils disparaissent avec l'échauffement. Le vermillon ou bisulfure de mercure devient noir avec 300°, mais reprend sa belle couleur rouge en refroidissant. Parfois les changements sont durables malgré le refroidissement, mais le *temps* ou certaines actions physiques, le frottement, par exemple, ramènent la couleur froide. Le biiodure de mercure, devenu jaune à 200°, reste jaune en refroidissant, mais peu à peu certaines parties redeviennent rouges avec le temps; on peut le ramener immédiatement à cette couleur froide en le frottant avec une baguette de verre sur du papier.

Les changements paraissent faciles à comprendre dans les solides où l'arrangement moléculaire, modifié par la chaleur, peut se maintenir, un temps au moins, sous l'influence de la cohésion. Ils paraissent impossibles dans les liquides où les mouvements atomiques ne peuvent éprouver d'obstacles pendant le refroidissement. Ils se manifestent pourtant d'une manière non douteuse jusqu'à changer grandement les énergies chimiques, au moins quant à la chaleur dégagée pendant les actions dont elles sont cause.

J'ai reconnu ce fait important dans une étude digne, je crois, d'attirer l'attention des physiciens.

Lorsqu'on mêle une certaine quantité d'acide sulfurique récem-

ment bouilli, et par conséquent chauffé à 326°, avec une quantité déterminée d'une huile, celle d'olive, par exemple, il se dégage beaucoup de chaleur; 18gr,42 d'acide, ou 10cc mêlés avec 50gr d'huile dégagent 44° de chaleur. Je n'insisterai pas sur l'application chimique : on peut faire l'analyse des huiles par ce moyen, les huiles dégageant des quantités de chaleur très-inégales, pour l'huile de lin, par exemple, etc.; mais considérons le côté physique (ou physico-chimique) des actions de ce genre.

Si l'acide bouilli est conservé bien intact dans un vase fermé à la lampe, et si au bout de cinq à six semaines on fait une nouvelle expérience avec les mêmes quantités des deux matières, on trouve un dégagement de chaleur beaucoup moins grand : il n'est plus que de 34°,5 au lieu de 44. La différence n'est pas du tout de celles qu'on pourrait attribuer aux erreurs d'expérience; elle ne varie pas de $\frac{1}{4}$ de degré dans vingt expériences consécutives : une différence de 10° ne peut laisser place à aucun doute.

On pourrait craindre un autre genre d'erreur, on pourrait penser, en raison de la nature végétale de l'huile, que le dégagement de chaleur est variable ; il n'en est rien, j'ai fait plusieurs centaines de ces essais ; ce qui frappe, c'est leur constance invariable et parfaite. Quand l'huile d'olive est pure, jamais on n'obtient d'autre résultat que ceux-ci :

Avec l'acide récemment chauffé..........	44°
Avec l'acide ancien......................	34°,5

Le fait est d'ailleurs confirmé par un autre non moins digne d'attention. L'huile d'olive peut résister à 300° sans éprouver d'altération chimique notable. Elle ne se colore aucunement; son odeur devient très-faiblement acroléique, sa densité ne varie pas. Chauffée à 300° au bain d'huile, puis exposée de suite après refroidissement à l'action de l'acide récemment chauffé, elle fournit 34°,5, comme si les deux corps n'avaient été chauffés ni l'un ni l'autre.

Les faits présentés par l'acide sulfurique et l'huile d'olive ne sont pas uniques : les autres huiles donnent des résultats semblables. Je les ferai connaître dans un autre travail. J'ajouterai seulement aujourd'hui qu'aucun indice de polarisation pouvant révéler quelque partie de l'étrange mouvement moléculaire dont j'ai fait la re-

marque ne peut être observé, du moins sous l'épaisseur de 200^{mm}.

Avec l'eau dont la simplicité de composition ne permet plus d'objecter une structure passagère, un reste de vie végétale, comme pour les huiles, on observe pourtant un effet du même genre, mais moins prononcé : $18^{gr},42$ d'acide et 50^{gr} d'eau produisent 3° de plus avec l'acide chauffé.

Le temps ne m'a pas encore permis de mettre en présence de l'eau récemment chauffée avec l'acide ancien et nouveau, mais je continue ces études, et j'espère ne pas tarder à publier celle-là.

J'étudie la même influence dans d'autres liquides, dans les solides, et même dans les gaz ; certains sels récemment chauffés ou fondus ne produisent plus les mêmes abaissements de température (positifs ou négatifs) que lorsqu'ils ont été conservés. A mesure de l'observation des faits de nature à intéresser la Société, j'aurai l'honneur de les communiquer.

Mais une première conséquence découle de ces faits d'une manière si frappante que j'ai dû la soumettre immédiatement à l'Académie ; j'ai le devoir d'attirer aussi sur elle l'attention de la Société.

Depuis de nombreuses années, les chimistes et les physiciens recherchent avec ardeur les données numériques relatives aux dégagements de chaleur produits par les actions chimiques. La mesure des *chimi-calories* (c'est le nom que je leur donne) est un élément des plus importants pour résoudre le problème capital de l'action chimique en général. Cette étude a été faite jusqu'à présent dans la pensée d'une stabilité moléculaire tout à fait invariable pour les liquides.

Cette pensée était inexacte, comme le prouvent mes recherches.

Aucun des savants qui ont particulièrement étudié l'acide sulfurique n'a eu connaissance du fait si extraordinaire dont je viens de parler. Leurs études sont à revoir, par conséquent, en tenant compte d'une variabilité d'état moléculaire si imprévue.

Il en est de même de toutes les autres études sur le même sujet.

Cette révision est d'autant plus nécessaire que l'on peut soupçonner, sans témérité aucune, la transmission peut-être momentanée de l'état moléculaire d'un acide dans les combinaisons auxquelles il donne naissance.

Dans les gaz ou les vapeurs, j'ai des raisons de croire à une variabilité moléculaire analogue : mes expériences sont trop incomplètes pour indiquer, dès à présent, même un seul résultat. Il me suffira de dire que le chlore insolé dont les propriétés diffèrent de celles du chlore produit dans l'obscurité (*aphotogénique*) tient sa différence plutôt de la chaleur que de la lumière. — Je n'insiste pas. — Je ferai seulement remarquer le rôle important de cette considération nouvelle dans l'explication des phénomènes de dissociation et des conséquences qu'on en veut tirer dans l'utile discussion soutenue ces jours mêmes par MM. Deville, Wurtz et Berthelot sur la constitution des corps déduits de leurs volumes gazeux.

J'espère donner bientôt des éléments pour résoudre cette autre question si importante.

C'est vraisemblablement à un effet de ce genre qu'est dû le phénomène observé par I. Pierre et Puchot dans la distillation de l'alcool mêlé de *bioxyde de diène* (aldéhyde).

« Lorsqu'on vient de recueillir par distillation les produits alcooliques plus ou moins chargés d'aldéhyde et bouillant entre 65° et 75°, si l'on abandonne ces produits à eux-mêmes pendant quelque temps, ils éprouvent habituellement un réchauffement spontané qui se traduit par une élévation de température pouvant aller jusqu'à 15° ou 20° ou même 25°. » On observe ce réchauffement même dans des produits condensés dans la glace ou dans un mélange réfrigérant [1].

Le bioxyde de diène qui vient d'être *surchauffé*, puisqu'on l'extrait d'un liquide bouillant à 75°, conserve une certaine quantité de chaleur, comme l'acide sulfurique, et lorsque le mélange avec l'alcool se réchauffe, voici, d'après moi, ce qui arrive : le bioxyde chauffé est probablement dans un état moléculaire différent de celui qui lui appartient quand il est *depuis longtemps* aux températures ordinaires ; sous l'influence de l'alcool, il est très-vivement sollicité à une union chimique, parce que son équivalent 44 est presque égal à celui de l'alcool 46, raison déterminante indiquée par ma théorie générale de l'action chimique. Pour obéir à cette sollicitation, le bioxyde revient en quelques instants à son état

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, p. 249.

ordinaire et dégage la chaleur dont il avait été enrichi par le chauffage.

Les auteurs ont attribué le réchauffement à une autre cause, mais avec la plus grande réserve et des doutes formels. On voit qu'ils étaient bien inspirés.

Lettre de M. Berthelot au sujet de la Communication précédente.

« MONSIEUR LE SECRÉTAIRE GÉNÉRAL,

» Ayant eu connaissance de la Communication faite par M. Maumené à la Société de Physique, je vous serai obligé de vouloir bien insérer à la suite la Note que j'ai publiée sur le même sujet dans les *Comptes rendus*, Note par laquelle j'établis, à l'aide d'expériences calorimétriques précises :

» 1° Que l'acide sulfurique récemment chauffé dégage avec l'eau précisément la même quantité de chaleur que le même acide conservé pendant plusieurs mois;

» 2° Qu'il existe en Thermochimie une méthode générale propre à tenir compte des changements lents développés dans les corps liquides, solides ou gazeux, méthode qui consiste à les transformer dans un nouveau système dont l'état final soit identique. J'ai fait depuis dix ans de nombreuses applications de cette méthode, notamment : à la stabilité de l'acide sulfurique, qui m'avait préoccupé dès 1871 et qui me paraît complète; à celle des solutions des sels ferriques, qui changent, au contraire, avec le temps; à celle du chlore gazeux, qui n'offre aucune différence appréciable, soit avant, soit après l'action de la lumière; résultat que j'ai établi par des mesures précises, contrairement à une opinion très-répandue, mais fondée sur des observations incomplètes, etc., etc. La lacune signalée dans la Science par M. Maumené n'existe donc pas.

» Veuillez agréer, etc.

» M. BERTHELOT. »

Remarques sur les quantités de chaleur dégagées par le mélange de l'eau avec l'acide sulfurique; par M. M. Berthelot.

Les propriétés de l'acide sulfurique sont toujours les mêmes, et il dégage des quantités de chaleur identiques, soit qu'il ait été récemment chauffé, soit qu'il ait été conservé depuis un temps considérable. J'ai constaté ce fait avec précision à deux reprises, en 1871 et 1874, ayant été conduit à l'examiner dans le cours d'autres recherches. Pour m'en référer à des mesures calorimétriques rigoureuses, sans l'appui desquelles il ne convient pas de parler de semblables questions, voici les nombres que j'ai obtenus en faisant agir 1 partie d'acide sulfurique bouilli (lequel renfermait à peu près $\frac{98}{100}$ d'acide réel) sur 70 parties d'eau :

			cal
Acide conservé depuis plusieurs années, a dégagé à		22°...	168,2
Acide conservé depuis un mois,	»	20 ...	167,0
Acide chauffé tout récemment à l'ébullition,	»	17 ...	166,6

Les différences entre ces nombres sont très-petites; elles seraient encore atténuées si l'on rapportait les résultats à une même température, soit, pour 22°,

168,2; 167,7; 168,3.

J'ai constaté, en outre, que les dissolutions ainsi obtenues dégagent, en s'unissant avec les bases, exactement la même quantité de chaleur, que l'acide ait été récemment chauffé et récemment dissous, ou sa dissolution conservée depuis un temps très-long.

$$SO^4H(49^{gr} = 2^{lit}) + AzH^3(17^{gr} = 1^{lit}),$$

à 22°, ont dégagé :

	cal
Acide récemment chauffé et récemment dissous....	+14,56
Acide dissous depuis douze ans	+14,54

Les expériences que je viens de citer sont l'application d'une méthode employée en Thermochimie pour étudier les transformations lentes qui se produisent, sous l'influence du temps ou de la

chaleur, dans les corps solides, liquides ou gazeux, telles que la destruction spontanée de l'ozone gazeux, les changements produits soit par le temps, soit par la chaleur des sels ferriques dissous ([1]), la métamorphose progressive du bisulfate de potasse anhydre dans ses dissolutions ([2]), la séparation spontanée du phosphate d'ammoniaque tribasique dissous en phosphate bibasique et ammoniaque libre ([3]), les changements progressifs des précipités, ceux d'un corps récemment fondu et solidifié, pareil à l'hydrate de choral, etc. ([4]). Cette méthode, dont la portée et la rigueur ne semblent pas encore suffisamment connues, consiste à ramener les divers systèmes dont on étudie les changements à un même état final, strictement défini et démontré identique par des mesures thermiques.

SÉANCE DU 2 AOUT 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 19 juillet est lu et adopté.

M. Daguin, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse, est élu membre de la Société.

M. Mascart présente à la Société deux exemplaires de la machine électrique de M. Teploff, dont l'un a été construit par M. Ducretet. Cette machine est remarquable par la singularité des aigrettes et des étincelles des flammes colorées qu'elle permet d'obtenir, quand on intercale une résistance variable, mais toujours très-grande, soit entre les armatures extérieures, soit entre les armatures intérieures des deux bouteilles de Leyde intercalées dans le circuit. La machine est à trois plateaux, un plateau fixe muni de larges armatures de papier qui embrassent chacune plus de 90°,

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXX, p. 171 et suivantes.
([2]) *Ibid.*, p. 444.
([3]) *Ibid.*, 5e série, t. IX, p. 29.
([4]) *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 648.

et deux plateaux mobiles; elle présente, en outre, deux conducteurs diamétraux placés suivant deux cordes parallèles.

M. Marcel Deprez décrit le microtasimètre d'Edison. Cet appareil sert à mesurer la dilatation d'une barre métallique au moyen de la variation produite dans l'intensité d'un courant qui traverse une plaque de charbon appuyée contre l'extrémité de la barre. On déplace une vis micrométrique appuyant à l'autre extrémité de la barre jusqu'à amener le courant à une intensité constante, mesurée au moyen du pont de Wheatstone. Quand on approche la main à $0^{m},10$ de cet appareil, on constate une déviation sensible du galvanomètre.

M. Marcel Deprez annonce qu'il a disposé un moteur électrique d'une constance remarquable; la vitesse de rotation paraît très-sensiblement indépendante de la force électromotrice employée.

Il présente à la Société, au nom de M. le Dr Paquelin, une nouvelle application des foyers calorifiques en platine alimentés par la combustion du pétrole. C'est un fer à souder que l'on échauffe en quelques instants au moyen d'un foyer intérieur en forme de tronc de cône de 8^{mm} de diamètre, et de 5 à 6^{mm} de long. Ce simple foyer produit 300^{cal} à 400^{cal} par heure, c'est-à-dire équivaut à $\frac{1}{16}$ de cheval-vapeur environ.

M. Niaudet décrit et fait fonctionner plusieurs modèles de la pile thermo-électrique de Noé, disposés par M. Hauck, de Vienne.

Piles thermo-électriques de Noé; par M. A. Niaudet.

M. Hauck, fabricant d'instruments de Physique à Vienne (Autriche), a exposé, au Champ-de-Mars, plusieurs piles, de différentes dimensions, du système de M. Noé.

Ces éléments sont formés par l'association de deux alliages : le maillechort, qui est employé sous forme de fils, qu'on voit au nombre de quatre partant de chaque soudure (*fig.* 1), et de l'autre métal, à base d'antimoine, qui est fondu, comme nous allons l'expliquer. La soudure chauffée présente une petite capsule de laiton, du centre de laquelle se projette une tige de cuivre rouge

qui est destinée à recevoir directement la chaleur de la flamme dans laquelle elle est plongée.

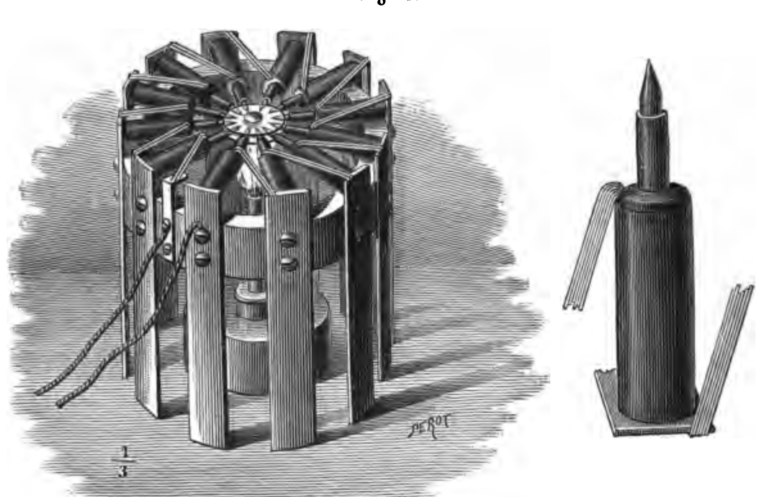
Pour construire l'élément, on met au fond d'un moule convenable la capsule de laiton dont je viens de parler, et dans laquelle pénètrent :

1° Au centre, la tige ou goupille de cuivre;

2° Latéralement, les quatre fils de maillechort.

On verse le second alliage dans le moule, et, par suite, la soudure avec le maillechort est faite sans interposition d'un corps étranger, comme l'étain; le métal le moins fusible est saisi dans l'autre pendant qu'il est fondu.

Fig. 1.



En même temps, la tige de cuivre qui va servir à l'échauffement est saisie dans le métal fondu et forme un tout avec le reste.

La seconde soudure n'est pas faite avec les mêmes soins : elle est faite simplement à l'étain.

Pour la première, il y a avantage évident à pouvoir porter la température jusque près de la fusion de l'alliage à base d'antimoine, température supérieure à celle de la fusion de la soudure à l'étain.

Pour la seconde, au contraire, qui doit être maintenue froide, cette condition ne se présente pas. Pour faciliter le refroidisse-

ment, on soude, avec les deux métaux qui constituent la pile, une ou plusieurs feuilles minces de cuivre ou simplement de laiton, qui présentent une grande surface et peuvent être maintenues froides, soit simplement par la circulation de l'air, soit par un bain d'eau dans lequel on les plonge.

Ces éléments ont une force électromotrice égale à $\frac{1}{16}$ de Daniell pour une température de la soudure chaude qui n'atteint pas le rouge, c'est-à-dire pour une chaleur qui ne donne même pas, aux goupilles de cuivre dont j'ai parlé, la température rouge.

La résistance est actuellement de $\frac{1}{40}$ d'unité par élément.

La grande pile de 136 éléments est pourvue d'un pachytrope, appareil d'une extrême simplicité et d'une très-heureuse disposition, avec lequel on peut associer les couples, soit en une seule série de 136 couples, soit en deux de 68 en tension, soit en quatre de 34 en tension, certaines expériences réussissant mieux avec une combinaison, certaines autres avec une autre.

SÉANCE DU 16 AOUT 1878.

PRÉSIDENCE DE M. JOUBERT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 août est lu et adopté.

M. Zahm (J.-A.), professeur de Physique à l'Université Notre-Dame, à Indiana (Etats-Unis), est élu membre de la Société.

M. A. Bréguet présente une théorie de la machine de Gramme, employée comme machine motrice.

M. Lippmann expose le résultat de ses expériences sur la polarisation des électrodes.

M. Marcel Deprez fait fonctionner, devant la Société, des machines motrices magnéto-électriques dont le mouvement est rendu absolument régulier au moyen d'un régulateur spécial.

M. Righi présente un nouveau téléphone avec lequel il fait plusieurs expériences, et toute la salle peut entendre facilement les paroles ou le son d'une flûte et d'un cornet à piston, provenant d'une pièce éloignée.

Sur la théorie de la machine de Gramme; par M. A. Bréguet.

La machine de Gramme est réversible. La rotation de sa bobine donne naissance à un courant électrique, et réciproquement, si un courant traverse la bobine, cette dernière se mettra à tourner autour de son axe. En raison de cette réversibilité si complète, toute théorie acceptable de la machine prise comme électromoteur doit pouvoir se retourner de toutes pièces pour expliquer la machine comme source de courant. Il est impossible d'admettre, en effet, qu'on ait besoin de deux théories différentes pour ces deux fonctions inverses.

La machine que présenta Faraday (1831), et que remit en lumière M. Le Roux dans ces dernières années, n'est que la roue de Barlow sans modifications sensibles; mais, en 1871, M. Gramme fit connaître la machine qui porte aujourd'hui son nom et qui est remarquable par la valeur de son rendement économique et sa substitution facile aux piles de toute espèce.

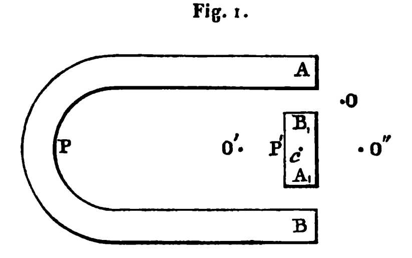
Les machines de Barlow et de Faraday donnent bien naissance à un courant continu de même signe, sous l'influence d'une rotation continue et de même sens; mais ce courant n'est produit que dans un seul conducteur. Sa tension ne dépend donc que de l'intensité du champ magnétique et de la vitesse de rotation, qui ne peuvent acquérir, dans la pratique, que des valeurs insuffisantes à la production d'un courant utilisable. On conçoit que, si plusieurs machines de Faraday étaient associées par leurs pôles de noms contraires, le courant posséderait une tension proportionnelle au nombre de ces machines; mais ce serait là une solution peu élégante et qui exigerait autant de frotteurs qu'il y aurait de machines.

Je me propose de montrer comment la machine de Gramme réalise une solution des plus ingénieuses de ce même problème.

La roue de Barlow est une consécration expérimentale de ce fait qu'un conducteur mobile, situé dans un champ magnétique et traversé par un courant, est sollicité à prendre une position d'équilibre déterminée. Analysons cette expérience sous une forme plus rapprochée de celle que lui a donnée M. Gramme.

Soient deux aimants P et P′ (*fig.* 1), opposés par leurs pôles contraires, ou, pour plus de généralité, soient un aimant P et une pièce de fer doux P′, dans laquelle les pôles A_1 et B_1 sont développés par l'influence de l'aimant P. Soit un fil conducteur perpendiculaire au plan des aimants, et qui se projette sur la figure en O. S'il est mobile autour de l'axe C et s'il est parcouru par le courant d'une pile, l'influence des pôles A et B_1 déterminera, d'après les lois d'Ampère, son rapprochement ou son éloignement suivant le sens du courant. Si le courant marche d'avant en arrière, par rapport au papier, le conducteur sera sollicité à traverser la région interpolaire AB_1 et continuera son mouvement jusqu'à se trou-

Fig. 1.



ver en O′, à égale distance des quatre pôles A, B, A_1, B_1. Pour que le mouvement du fil se continue dans le même sens, le signe du courant excitateur doit donc changer à partir de cette position d'équilibre; alors le fil sera attiré par la région magnétique BA_1, traversera cette région dans sa partie la plus intense, et sera ensuite repoussé par elle jusqu'à la nouvelle position d'équilibre O″, symétrique de O′. Il faudrait donc, pour obtenir un déplacement continu du fil, changer le sens du courant excitateur, à l'aide de commutateurs, aux instants précis où le fil se trouve à égale distance des pôles, c'est-à-dire dans la région où l'action réciproque de l'aimant et du courant est nulle.

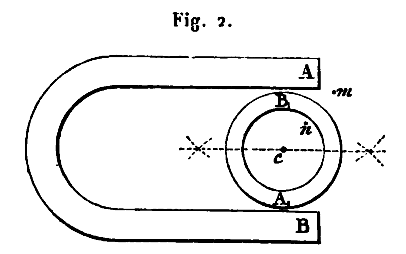
Les frotteurs employés par M. Gramme réalisent cette commutation de la manière la plus heureuse.

Dans la bobine de Gramme, la portion de spire *m* (*fig.* 2), comprise entre l'anneau de fer et le pôle de l'aimant, n'est autre chose qu'un conducteur mobile situé dans un champ magnétique. Quant à la portion *n* du fil qui complète la spire, en s'appliquant contre la surface interne de l'anneau, il est facile de voir que son action

est nulle, puisqu'elle se trouve à l'abri de toute influence magnétique, l'anneau jouant le rôle d'écran pour tout point situé dans son intérieur.

Si la bobine est traversée par un courant, ce courant lui arrivera par les frotteurs, et pénétrera d'un côté par le fil d'entrée d'une spire et de l'autre par le fil de sortie de la spire voisine. (Les frotteurs sont situés de part et d'autre de l'axe C, sur la droite XX.) Les deux moitiés de la bobine, situées de part et d'autre du plan de l'axe de rotation et des points de contact des frotteurs, seront

Fig. 2.



ainsi parcourues par des courants qui seront respectivement de sens contraires. Deux spires diamétralement opposées seront ainsi sollicitées à se mouvoir dans des directions contraires ; la bobine est donc soumise à l'action d'un couple qui déterminera sa rotation. Chaque paire de spires opposées fournit un couple du même genre, en sorte que, tant que la résistance de quelques spires ne diminue pas sensiblement l'intensité du courant, il y aura avantage à augmenter leur nombre pour augmenter le moment du couple résultant.

Je crois avoir ainsi expliqué comment fonctionne la machine de Gramme comme électro-moteur. L'expérience fondamentale sur laquelle repose cette théorie étant réversible, il est inutile de chercher à expliquer la fonction inverse de la machine : c'est une conséquence nécessaire de la première.

Je n'ai pas supposé, dans ce qui précède, que l'anneau de fer doux partageât le mouvement de la bobine, comme cela a lieu dans la machine de Gramme. C'est que, en effet, ce mouvement de l'anneau est parfaitement inutile. Il n'a été commandé, dars la pratique, que pour de plus grandes facilités de construction.

Sur la propriété dépolarisante des dissolutions métalliques;
par M. G. LIPPMANN.

La propriété dépolarisante des dissolutions de cuivre a été appliquée par Becquerel, dès 1829, à la construction du premier élément à courant constant. La propriété analogue des sels de zinc, de cadmium, etc., a reçu depuis lors diverses applications. Les expériences que je vais décrire ont montré que cette propriété dépolarisante d'une dissolution métallique est limitée au méta' même qu'elle contient. Ainsi, une dissolution de cuivre ne dépolarise pas une électrode de platine : elle ne dépolarise que le cuivre. De même une dissolution de zinc ne dépolarise ni le cuivre ni le platine : elle ne dépolarise que le zinc. Je n'ai expérimenté que sur la polarisation ou la dépolarisation de l'électrode *négative.*

La disposition de ces expériences a été la suivante. Un fil du métal à essayer A plonge dans une dissolution métallique. Il sert d'électrode négative, d'électrode de sortie, à un courant de pile qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté et qui est amené dans le liquide par une électrode auxiliaire B. Le fil A est en communication permanente avec la colonne de mercure d'un électromètre capillaire, dont l'autre pôle communique avec un fil A′ du même métal plongeant dans le liquide. Ce fil A′, qui n'est traversé par aucun courant, sert uniquement à mesurer, par comparaison, les variations de force électromotrice subies par le fil A. Tant que l'on n'a pas fermé le courant, les fils A et A′ sont égaux, et l'électromètre reste au zéro. Lorsque, au contraire, on a fait passer un instant le courant et que A s'est polarisé, l'électromètre est et reste dévié après l'ouverture du zéro; il ne revient au zéro que lentement, au fur et à mesure que la force électromotrice de polarisation se dissipe avec le temps.

Si le liquide en expérience est une dissolution de sulfate de zinc, et si les fils A, A′ sont en cuivre, on constate que, si l'on a fermé un instant le courant de la pile, l'électromètre est et reste dévié, accusant ainsi la polarisation subie par le fil de cuivre A dans la dissolution de zinc. Vient-on à ajouter au liquide quelques gouttes de sulfate de cuivre, la déviation de l'électromètre dispa-

raît; le mercure reste au zéro, montrant ainsi que la présence de ces quelques gouttes de sel de cuivre empêche le fil de cuivre de se polariser. On constate, de la même manière, que le cuivre se polarise dans les sels de zinc, de cobalt, de nickel et dans un mélange de ces sels aussi bien que dans l'acide sulfurique étendu. Les sels de cuivre seuls dépolarisent le cuivre. L'expérience est d'ailleurs très-nette, car, dans des dissolutions même concentrées d'un sel de zinc, de cobalt, etc., ou dans un mélange de ces dissolutions concentrées, la polarisation du cuivre est instantanée, durable et si forte, que le mercure de l'électromètre disparaît du champ; par contre, l'addition d'une quantité minime de sulfate de cuivre (moins de $\frac{1}{1000}$) non-seulement ramène aussitôt l'électromètre au zéro, mais fait qu'en fermant de nouveau le courant on voit l'électromètre rester au zéro.

En substituant des fils d'argent aux fils de cuivre, on constate de même que l'argent se polarise dans les sels de zinc, de cobalt, de nickel, de cuivre, et ne se dépolarise que dans un sel d'argent: une trace de sel d'argent dépolarise un fil d'argent au sein d'une dissolution concentrée de sels étrangers.

Ces expériences ont donné des résultats analogues pour tous les métaux qui ont été essayés, à savoir, pour le zinc, le cobalt, le nickel, le cuivre, le mercure, l'argent, le platine et l'or, et pour les dissolutions de ces métaux. La polarisation du métal dans un liquide qui ne le tient pas en dissolution est toujours très-considérable : elle atteint toujours une fraction notable d'un Daniell. La dépolarisation produite par la présence d'un sel du même métal accuse des traces de ce sel, du moins dans le cas du zinc, du cobalt, du cuivre, de l'argent, du mercure. Le nickel laissé quelque temps à l'air ou en contact avec son sulfate paraît s'altérer à la surface; il se comporte alors, en présence de son propre sel, comme un métal étranger. Il est nécessaire de le préparer par voie galvanoplastique au moment de s'en servir; il rentre alors dans la loi générale. L'or et le platine paraissent peu sensibles à la présence de leurs propres sels; peut-être est-il nécessaire, comme pour le nickel, de les avoir préparés récemment.

Quoi qu'il en soit pour ces deux derniers corps, on voit que pour plusieurs autres métaux la dépolarisation constitue une sorte de réaction qui indique, d'une façon sensible et non équivoque,

la présence d'un sel de ces métaux dans un mélange de sels étrangers. On peut donc employer, dans plusieurs cas, cette réaction électrique à la recherche d'un métal, comme un auxiliaire commode de l'analyse chimique. La présence de chaque sel métallique est caractérisée par la dépolarisation du métal correspondant. On fixe les trois fils A, A′, B, faits du métal que l'on recherche, à une baguette isolante, de façon à en former un petit équipage que l'on porte dans le liquide à essayer. Veut-on savoir si ce liquide contient, par exemple, du cuivre, les fils A, A′, B sont alors en cuivre. On observe l'électromètre : s'il reste au zéro, c'est que le liquide contient un sel de cuivre; s'il diverge, c'est que le liquide ne contient pas de sel de cuivre. On décèle ainsi sûrement $\frac{1}{1000}$ de sulfate de cuivre. On recherchera de même l'argent avec des fils d'argent, etc.

Si l'on n'a pas d'électromètre à sa disposition, on pourra substituer à cet instrument un galvanomètre à long fil. Le galvanomètre ne mesure pas la force électromotrice de polarisation; mais la déviation de l'aiguille suffit pour indiquer la polarisation, son maintien à zéro la dépolarisation.

On sait que l'on ne peut pas mettre impunément un métal quelconque dans une dissolution quelconque. Ainsi, on ne peut pas plonger un fil de cuivre dans une dissolution d'argent sans qu'il se forme une dissolution de cuivre et un dépôt d'argent. Si donc on tenait à employer la réaction électrique indiquée plus haut à la recherche méthodique des métaux, il faudrait procéder dans un ordre convenable : commencer par rechercher les métaux nobles, et éliminer ces métaux de la liqueur avant de rechercher des métaux capables de précipiter les premiers.

Peut-on expliquer, d'une manière simple, cette propriété que possède un métal de se polariser dans la dissolution d'un métal différent? On pourrait penser d'abord que la polarisation est due à la formation, sur l'électrode employée, d'un dépôt galvanique du métal contenu dans la dissolution, dépôt qui serait invisible, mais dont l'action électromotrice se ferait néanmoins sentir. Ainsi, la polarisation du platine dans le sulfate de cuivre serait due à un dépôt invisible de cuivre sur le platine.

Cette explication, qui prête d'ailleurs à diverses objections, n'est pas d'accord avec les deux expériences que je vais décrire : 1° Une

lame de platine et une lame de cuivre, plongées dans une même dissolution de sulfate de cuivre, forment un élément de pile dont le platine est l'élément positif. En fermant le circuit par le fil d'un galvanomètre, on constate qu'il se produit un courant, courant de courte durée et qui est bientôt arrêté par la polarisation du platine : c'est même un moyen simple de montrer cette polarisation. Le platine a alors atteint la force électromotrice du cuivre. Or, on peut aller encore plus loin; on peut, au moyen d'une pile auxiliaire, polariser davantage le platine, de manière à le rendre plus négatif (de $\frac{1}{15}$ Daniell) que le cuivre. Il faudrait donc admettre que le dépôt, s'il en existe un, est formé d'une substance plus négative, plus oxydable que le cuivre. — 2° On sait que, si l'on polarise une lame de platine dans de l'eau acidulée sur une de ses faces seulement, la seconde face de la lame ne tarde pas à subir à son tour une polarisation qui croît peu à peu, bien que cette seconde face ne touche pas la masse liquide où la première s'est polarisée. On a expliqué cette expérience en admettant que « l'hydrogène de polarisation » se diffuse à travers le platine. Or, si au lieu d'eau acidulée on prend du sulfate de cuivre, l'expérience réussit également bien. Si l'on peut admettre que de l'hydrogène se diffuse rapidement, même à froid, à travers le platine, il est difficile d'étendre cette explication à un dépôt de cuivre. Cela est difficile, surtout lorsqu'on a examiné au microscope la structure d'un tel dépôt au moment où il se produit réellement. Si l'on opère avec précaution de manière à saisir le moment où le dépôt apparaît, on constate qu'il a, à l'œil nu, l'apparence d'une buée rose; au microscope, on le voit formé de masses distinctes de cuivre, entièrement séparées les unes des autres, et ayant chacune la forme d'une pyramide à base rectangulaire, c'est-à-dire d'un demi-octaèdre régulier ([1]).

La polarisation d'une électrode négative de métal dans la dissolution d'un métal étranger ne pouvait pas être prévue par la con-

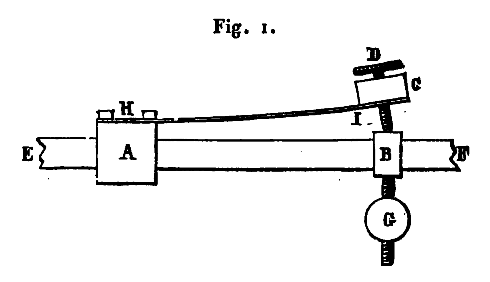
([1]) Lorsqu'un corps se forme par électrolyse, la formation de la première parcelle de ce corps donne lieu à des phénomènes analogues à ceux du retard de l'ébullition, de la sursaturation, etc., et sur lesquels je reviendrai ailleurs. Je me contenterai de dire que la première parcelle du corps nouveau apparaît brusquement, d'une manière explosive, si c'est un gaz; ensuite elle s'accroît par le courant d'une manière continue.

sidération du travail chimique que le courant qui polarise l'électrode tend à produire. Mettons une lame de platine et une lame de cuivre dans du sulfate de cuivre, et faisons passer un courant électrique qui entre par le cuivre et sorte par le platine; ce courant ne peut que déposer sur le platine du cuivre, tandis qu'il dissout à l'électrode de cuivre précisément la même quantité de cuivre. Il n'y a donc enfin qu'un simple transport de cuivre d'une lame à l'autre; le travail chimique proprement dit est nul, tandis que, au contraire, la force électromotrice de polarisation développée sur le platine est de l'ordre d'un Daniell. Le travail électrique dépensé pour produire la polarisation est donc emmagasiné, non sous forme d'énergie chimique, mais sous forme d'énergie électrique, comme dans un condensateur.

Nouveau régulateur de vitesse; par M. Marcel Deprez.

Ce régulateur est surtout applicable aux moteurs électriques. Il se compose essentiellement d'une lame élastique IH (*fig.* 1), fixée à l'une de ses extrémités H sur l'axe EF, qui est entraîné dans le mouvement de rotation du moteur, et dont l'autre extrémité I porte une petite masse métallique C traversée par une vis D qui s'appuie

Fig. 1.



sur un butoir B. En tournant la vis D, on peut donc donner à la lame IH une tension plus ou moins considérable, qui aura pour effet d'appuyer l'extrémité de la vis D sur le butoir B. Si l'axe EF est animé d'un mouvement de rotation, la force centrifuge développée sur la masse C aura pour effet de diminuer la pression exercée contre le butoir B par la vis D, et pour une certaine vi-

tesse angulaire ω, dont la valeur est facile à déterminer, cette pression sera nulle. Si la vitesse angulaire dépassait cette valeur ω d'une quantité très-petite, la vis cesserait de toucher le butoir B. Cela étant, supposons que le moteur qui met en mouvement l'axe EF soit un moteur électrique, et que le courant qui l'anime soit obligé de passer de A en B par la lame IH, les pièces A et B étant isolées de l'axe EF.

Tant que la vitesse de l'axe EF sera inférieure à ω, le courant pourra passer et la vitesse du moteur ira en augmentant, en supposant toutefois, ce qui est une condition indispensable, que ce courant possède une intensité supérieure à celle qui est nécessaire pour imprimer au moteur une vitesse ω. Au moment où la vitesse passera par la valeur ω, la pression de la vis D sur le butoir B sera nulle, mais le courant pourra encore passer. Mais, si la vitesse dépasse infiniment peu ω, l'extrémité de la vis D cessera de toucher B et le courant sera interrompu. La vitesse commencera alors évidemment à décroître; mais, dès qu'elle aura décru d'une quantité extrêmement petite, le contact sera rétabli et le courant passera de nouveau. On voit donc que la vitesse du moteur oscillera perpétuellement entre deux limites excessivement rapprochées. On peut se faire une idée des variations de vitesse tolérées par cet appareil au moyen des considérations suivantes. Appelons f la pression exercée par la vis D sur le butoir B, ω la vitesse angulaire à laquelle doit tourner l'axe EF pour que cette pression soit exactement équilibrée par la force centrifuge, m la masse de la vis et du petit bloc de métal C (la masse du ressort étant négligée), et r la distance du centre de gravité de l'ensemble de ces deux pièces au centre de l'axe EF. Nous aurons $f = m\omega^2 r$, et, si nous désignons par df l'accroissement de pression nécessaire pour assurer complétement le passage du courant, accroissement qui nécessitera une diminution de vitesse $d\omega$, nous aurons $df = -2m\omega r d\omega$, d'où l'on tire successivement $d\omega = -\frac{df}{2m\omega r}$ et $\frac{d\omega}{\omega} = -\frac{df}{2m\omega^2 r}$; mais $\frac{d\omega}{\omega}$ n'est autre que la variation *relative* de la vitesse ω. On voit que cette variation relative sera d'autant plus petite, pour une même valeur de df, que $m\omega^2 r$ sera plus considérable.

De la première équation on conclut $\omega = \sqrt{\frac{f}{mr}}$; il est donc très-facile de faire varier la vitesse ω en faisant varier l'une des trois quantités f, m ou r. Le procédé le plus simple est évidemment de faire varier f en tournant plus ou moins la vis D.

Si l'ensemble du ressort IH et de la masse C n'était pas équilibré, il en résulterait des trépidations qui troubleraient le fonctionnement du régulateur. Pour éviter cet inconvénient, on a placé à l'opposé de la masse C une autre masse G mobile le long d'une vis H permettant de placer la masse G à une distance convenable de l'axe EF.

Les avantages de ce régulateur sont les suivants :

1° Très-grande simplicité de construction;

2° Absence totale d'articulations et, par suite, de frottements perturbateurs;

3° Absence de conditions relatives à la distribution des masses qui le composent, tandis que les régulateurs qui passent pour les plus parfaits sont composés de masses tournantes dont les ellipsoïdes d'inertie doivent satisfaire à des conditions déterminées;

4° Action absolument instantanée, ayant pour effet d'éviter le phénomène connu sous le nom *d'oscillations à longue période*, qui se produit toujours avec les régulateurs dits *isochrones*.

J'ajouterai que j'ai trouvé le moyen de l'appliquer à toute espèce de moteur non électrique et de faire varier la vitesse de régime pendant la marche même; mais la description de ces dispositifs sortirait de mon cadre actuel. Je me bornerai à donner, en terminant, un tableau d'expériences faites sur un moteur électrique muni de ce régulateur, et dans lesquelles on mesurait avec un pointeur automatique la durée de 3000 révolutions de l'arbre porteur de l'électro-aimant. Afin de montrer que les variations d'intensité du courant n'avaient pas d'influence, on a expérimenté d'abord avec une pile de 2 éléments, puis avec une pile de 4 éléments.

	Durée de 3000 révolutions	
	avec 2 éléments.	avec 4 éléments.
	96,9	96,8
	97,0	96,9
A reporter.	193,9	193,7

	Durée de 3000 révolutions	
	avec 2 éléments.	avec 4 éléments.
Reports...	193,9	193,7
	96,9	96,9
	96,8	97,0
	97,0	97,0
	96,8	97,0
	96,6	96,9
	97,0	97,1
	96,8	97,0
	97,0	97,0
	96,8	97,0
	96,7	97,2
	96,9	97,0
	97,0	97,0
	96,8	97,0
	96,8	97,1
	96,8	97,2
	1646,6	1649,1

Durée de 51 000 tours avec 2 éléments...	1646,6 s
» » 4 éléments...	1649,1
	2,5

Différence relative : $\frac{1}{660}$ de vitesse.

Nouveau téléphone; par M. Righi.

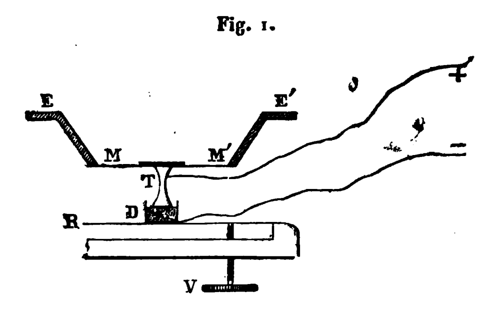
Ce téléphone se compose de deux parties distinctes : le *transmetteur* et le *récepteur*.

Celui-ci est, à peu de chose près, le téléphone Bell ; il en diffère seulement parce que l'aimant est de plus grandes dimensions, et la rondelle de fer est fixée au milieu d'une membrane de papier parchemin tendue au fond d'un entonnoir, à peu près comme dans les premiers instruments de Bell, sauf la dimension.

Le transmetteur (*fig.* 1) a pour partie essentielle un corps élastique, qui peut être une planchette de bois, une lame métallique ou une membrane tendue MM'. Comme dans les téléphones

à charbon, les vibrations du corps vibrant produisent des variations de pression dans un certain conducteur. Ici, ce n'est ni du charbon, ni du graphite, ni tout autre corps solide. C'est, au contraire, un corps en poudre très-fine, qui est plus ou moins comprimé au moyen d'une pièce métallique T fixée sur la lame vibrante. On peut faire usage de cuivre, d'argent, de fer, de plombagine de charbon, ou, ce qui semble préférable, d'un mélange de plombagine et argent. Quel que soit le corps en poudre dont on fait usage, il est contenu dans un dé métallique D porté par un ressort R pressé plus ou moins par une vis V. Le courant d'une pile passe par la poudre et par le fil du récepteur, et ce sont les variations de

Fig. 1.



conductibilité de la poudre, dues aux vibrations de la pièce qui la touche, qui font varier l'intensité du courant et reproduisent les sons.

La différence entre les effets de ce transmetteur et ceux des téléphones à charbon sont surtout : 1° l'intensité plus grande des sons; 2° l'absence de bruits et de chocs dans la reproduction des mots. Dans les téléphones à charbon ou à graphite, ces bruits sont dus à des parcelles qui se détachent de ces corps, qui sont toujours friables.

Si l'on fait usage de deux éléments Bunsen, on obtient les effets suivants. Les sons d'une trompette ou d'un autre instrument de musique sont reproduits avec leur timbre, avec une intensité suffisante pour qu'on les entende dans toute une pièce pouvant contenir deux ou trois cents personnes. En parlant à voix naturelle, les mots peuvent être entendus à 2^m du récepteur.

On peut augmenter indéfiniment les sons reproduits, soit en faisant usage de piles énergiques, soit en multipliant les transmet-

teurs et les récepteurs. Toute sorte de pile peut convenir à l'appareil; mais il faut disposer les couples de manière à avoir peu de résistance intérieure dans la pile.

La première expérience a été faite avec cet appareil, le 14 mars de cette année, devant l'Académie des Sciences de Bologne.

SÉANCE DU 6 SEPTEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. JOUBERT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 août est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Germain (Pierre), employé des télégraphes à Clermont-Ferrand; Lamansky, professeur à l'Université de Varsovie (Russie); Lespiault, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux; Ollivier (A.), ingénieur civil, à Paris; Sebert, commandant de marine, à Paris; Wladimirsky (Alexis), professeur de physique à l'École impériale technique de Moscou (Russie).

M. Trouvé présente un nouveau moteur électromagnétique à force constance et à puissance illimitée. Il termine sa communication en établissant une analogie entre le mode d'action de son moteur et une théorie, déjà ancienne, du mécanisme de la contraction musculaire.

M. Niaudet présente, au nom de M. Barlow, un nouvel instrument nommé *logographe,* qui permet d'obtenir l'enregistrement des forces pneumatiques mises en jeu dans les articulations de la voix humaine. M. Barlow fait fonctionner son appareil.

M. Sedley Taylor décrit et fait quelques expériences avec un instrument destiné à représenter optiquement les particularités délicates du mouvement vibratoire sonore et qu'il nomme *phonéidoscope.*

Moteur à force constante et à puissance illimitée, ou appareil destiné à mettre en évidence le mode de la contraction musculaire; par M. G. Trouvé.

Le système de moteur électrique que je présente à la Société de Physique est composé de petits électro-aimants s'attirant par leurs pôles contraires, dont le nombre peut être illimité, et qui sont rendus solidaires entre eux par des parallélogrammes articulés, de manière à totaliser tous leurs efforts.

Frappé des effets considérables que produisait sur mes muscles un faible courant électrique, j'ai pensé que là devait résider un des principaux récepteurs de la force électromotrice. Ce fut dans ce sens que je dirigeai mes expériences, dont le résultat fut la construction d'un instrument répondant à toutes les fonctions du muscle.

J'assimile les molécules actives du muscle sous l'influence d'un courant nerveux à de petits électro-aimants s'attirant par leurs pôles contraires. Il est facile de comprendre de suite le travail produit par un pareil mécanisme. L'effet exercé par deux aimants, multiplié par la surface de section, donne bien l'idée du travail produit par le système et l'amplitude du mouvement, mais ne peut rendre compte des effets considérables observés sur le muscle des insectes, par exemple. Aussi, continuant mon étude, j'acquis la preuve qu'il fallait nécessairement totaliser chaque effort individuel des électro-aimants; car ce total devait donner mathématiquement le résultat de la puissance totale du système, et, par cela même, une plus haute idée de celle du muscle.

Quel pouvait être maintenant le mécanisme pouvant totaliser les effets? Me rappelant ce jeu des enfants, appelé *grenouillette,* qui consiste dans des parallélogrammes articulés faisant mouvoir des soldats, je construisis un appareil qui se compose d'une série d'électro-aimants s'attirant entre eux par leurs pôles contraires, et réunis par des parallélogrammes articulés qui en totalisent les efforts.

Sans oser préjuger, en aucune façon, de la forme du muscle, et sans prétendre en rappeler tous les effets, ce petit appareil en ex-

plique cependant presque toutes les propriétés, et permet, dès maintenant, de formuler la théorie suivante :

La puissance d'un muscle est la résultante de toutes les attractions moléculaires. Ce petit appareil explique, d'une façon très-satisfaisante, l'amplitude du mouvement, qui est considérable, le changement de forme du muscle, dans l'allongement et le raccourcissement, sans changer de volume, la contraction du muscle par l'électrisation localisée (méthode de Duchesne, de Boulogne), sans avoir recours à des actions réflexes ou à la propagation de l'ébranlement moléculaire.

Il permet encore d'expliquer la persistance de la contraction musculaire dans ses effets, par la persistance du magnétisme rémanent, lorsque les électro-aimants sont maintenus au contact par un courant puissant. Le diagramme d'un pareil système, comparé à celui du muscle, lui est opposé ; mais, si on le fait agir, non par attraction, mais par répulsion, les deux diagrammes se confondent.

Pour donner plus de rapprochement encore avec le muscle, j'ai construit, pour un professeur, un bras et une main artificiels renfermant un système d'électro-aimants, qui entrait en fonction lorsqu'on plaçait dans la main un poids supplémentaire. Ce poids ajouté déterminait, par un léger allongement, la fermeture du circuit électrique, et aussitôt le bras se raccourcissait et entraînait, dans un mouvement ascensionnel, la main et le poids qu'on y avait placé.

Deux systèmes semblables, placés à chaque extrémité d'un balancier de balance, transformant ses oscillations en mouvement rotatif, donnent un moteur puissant et très-constant.

Logographe; par M. Barlow.

L'instrument que j'ai l'honneur de présenter à la Société française de Physique a été construit il y a quelques années et a fait l'objet d'un Mémoire lu à la Société Royale de Londres, en décembre 1874. L'objet que je me proposais d'atteindre était d'obtenir un tracé des forces pneumatiques qui accompagnent les

articulations de la voix humaine, sous la forme de diagrammes, tels que ceux qui servent à l'étude des pressions à l'intérieur des corps de pompe de machines à vapeur.

Toute émission de sons articulés par une voix humaine est accompagnée par une expulsion d'air de la bouche, avec des impulsions variables, avec des interruptions variables suivant la nature des mots prononcés. J'espérais, en construisant un instrument très-délicat, produire des diagrammes de formes assez caractéristiques pour être lisibles. Ce résultat complet n'a pas été obtenu et l'écriture du logographe n'est pas lisible dans le sens ordinaire du mot, c'est-à-dire lettre à lettre. Cependant les diagrammes de beaucoup de mots et de phrases sont facilement reconnaissables, et il n'est pas déraisonnable d'espérer que, par certains perfectionnements apportés à l'instrument et par une étude plus minutieuse des formes des différentes actions consonnantes et des voyelles, on arrivera à déchiffrer l'écriture du logographe.

Les belles inventions de M. Bell et de M. Edison, venant à la suite des travaux de M. Kœnig et d'autres savants, ont attiré à nouveau et très-vivement l'attention sur les nouveaux instruments commandés par la voix humaine ; en conséquence, il ne sera sans doute pas sans intérêt que je précise, d'une manière mieux définie que je ne l'ai fait jusqu'ici, le genre de renseignements fournis par le logographe.

L'appareil présente une petite embouchure de trompette dont l'extrémité élargie se termine en une ouverture de $0^{m},07$. Cette ouverture est couverte par une mince membrane de caoutchouc. Un bras léger d'aluminium fixé au cadre de l'ouverture vient appuyer sur le centre de la membrane et porter à cette extrémité mobile un petit pinceau de martre imbibé de couleur. Une bande de papier comme celles des appareils télégraphiques passe dessous et est juste effleurée par le bout du pinceau, de telle sorte que, pendant le repos de la membrane, une ligne est tracée qu'on peut appeler la *ligne du zéro*. Il est utile de noter que l'embouchure de l'instrument présente une petite ouverture latérale pour l'échappement de l'air. D'ailleurs, quand on parle dans cette embouchure, il faut que les lèvres soient légèrement pressées contre les bords, de manière à éviter toute perte de l'air par les côtés et à forcer tout l'air expiré à passer dans cette trompette.

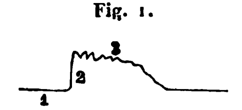
L'élasticité du bras d'aluminium, combinée à celle de la membrane, constitue une sorte de ressort qui est pressé plus ou moins vers l'extérieur suivant la force et les variations des actions pneumatiques.

On voit parfaitement dans les tracés du logographe la forme syllabique du langage ; les syllabes varient en force et en étendue ; elles se suivent à intervalles variables et parfois réagissent l'une sur l'autre.

L'étude analytique des tracés des syllabes est particulièrement facile pour celles qui commencent ou finissent par une de ces consonnes qu'on appelle *explosives*, comme P, B, T, D, K et G (dur).

Le diagramme de *Bé* est (*fig.* 1)

Fig. 1.



1 est la pause qui précède l'articulation et pendant laquelle les lèvres sont fermées.
2 est la période d'explosion soudaine.
3 est le son de la voyelle.

Le reste du tracé montre la décroissance graduelle et la pression jusqu'à zéro.

Le diagramme de *eb* est (*fig.* 2)

Fig. 2.

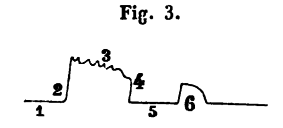
3 est le son de la voyelle.
4 est l'action consonnante.
5 une autre pause après cette action.
6 est une réaction qui résulte de la décharge de l'air comprimé qui reste dans la bouche.

La syllabe *beb* donne le diagramme de la *fig.* 3, dans lequel on reconnaît toutes les parties des deux précédents diagrammes.

La plus intéressante des consonnes explosives est le T, qui produit un mouvement plus soudain et un écart plus marqué par rapport à la ligne de zéro.

Il y a ensuite une autre classe de consonnes, plus nombreuse que la précédente, auxquelles j'ai donné le nom de *pneumoniques,* comme F, V, le *th* anglais et d'autres; dans la production de ces consonnes il y a un échappement d'air pendant les deux périodes de repos qui précèdent ou suivent; il résulte de là une forme

Fig. 3.



courbe particulière dans le tracé. Les quatre consonnes sifflantes appartiennent à la classe des pneumoniques.

Les consonnes nasales M et N sont des explosives en ce qu'elles répondent à une explosion de l'air de la bouche; mais, pendant les périodes de repos qui précèdent ou suivent et qu'on peut appeler *prépause* et *post-pause*, il y a un échappement d'air par le nez. Ces consonnes se différencient des autres, parce que leurs tracés s'éloignent beaucoup moins du zéro que les autres.

La consonne R fournit un diagramme très-remarquable qui résulte de l'action de la langue quand cette lettre est produite, action qui ressemble à celle de l'anche d'une clarinette.

La lettre L a aussi un diagramme spécial qui tient au mouvement soudain de l'extrémité de la langue entre les parties inférieure et supérieure de la bouche.

Ces deux lettres, et aussi l'aspirante H, sont des pneumoniques.

Il y a en anglais deux lettres classées parmi les consonnes, mais qui paraissent pouvoir être rendues aussi exactement par un changement soudain de certaines voyelles.

Si l'on examine attentivement les diagrammes des explosives, on trouve que, pour les labiales P, B et la nasale M, il y a une tendance à une élévation de la courbe avant l'explosion.

Pour les linguales T, D et pour l'N, il y a une apparence contraire.

Enfin, les gutturales K et G (dur) montrent clairement une marche de la courbe dans le sens négatif, avant l'explosion ou action positive.

Sur la question de l'accent, le logographe donne quelques indications intéressantes. Les grammairiens considèrent en général

l'accent comme le résultat d'une force dominante donnée à une syllabe particulière dans un mot; mon instrument prouve que l'accent résulte non-seulement de la force, mais aussi du temps.

La langue anglaise présente plusieurs substantifs

cóntract, áttribute, rébels,

dans lesquels l'accent est sur la première syllabe, tandis que les mêmes mots pris verbalement ont l'accent sur la seconde

contráct, attríbute, rebél.

Dans ces cas, et dans beaucoup d'autres, les diagrammes montrent qu'entre la plus grande force de la syllabe accentuée il y a aussi une durée plus grande de ces syllabes.

Il y a aussi grand intérêt à étudier les effets de réaction qui se produisent dans les syllabes et les mots qui se terminent par plusieurs consonnes. Ainsi, *act*, *apt* se terminent par deux consonnes explosives. Dans ces cas le son de la voyelle cesse le premier et se termine dans la première consonne; la seconde ne marque sa présence que par la réaction qui, quoique sans bruit, est accompagnée d'une action pneumatique de percussion sensible à l'oreille.

Dans les mots français *être, mètre,* et dans beaucoup d'autres, la consonne R est produite sans accompagnement de voyelle.

La difficulté de la lecture des tracés du logographe tient en grande partie à ce que ces réactions chevauchent, non-seulement entre les différentes syllabes d'un mot, mais encore entre les mots d'une phrase, à raison de cette circonstance que les mots sont prononcés par groupes et soudés les uns aux autres par ce qu'on appelle les *liaisons*. Il faut reconnaître qu'il y a aussi, quant à présent, un certain défaut de caractères distincts entre les différentes consonnes. Quant au défaut de dissemblances entre les voyelles, il n'a pas une très-grande importance quand l'objet à atteindre est le déchiffrement de tracés fournis par des sons connus. Les sténographes peuvent parfaitement se lire lors même qu'ils n'ont mis aucune indication de voyelles. Le procédé suivi alors n'est pas proprement celui de la lecture lettre à lettre, mais celui de la *reconnaissance,* si l'on peut ainsi parler, et qui s'appliqu' toutes les fois qu'on lit des abréviations.

Je dirai, en manière de conclusion, que j'ai construit un logographe modifié qui permet de distinguer très-clairement toutes les labiales. Ce résultat est obtenu en plaçant la trompette ou embouchure sur un axe, de manière qu'elle se meuve dans un plan vertical par l'ouverture ou la fermeture des lèvres. Grâce à une autre disposition, toutes les syllabes pourront être détachées les unes des autres.

Les effets combinés de ces deux perfectionnements facilitent certainement le déchiffrement des diagrammes.

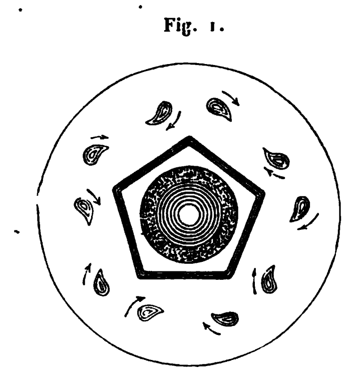
Phonéidoscope; par M. Sedley Taylor.

Il m'a paru intéressant de rechercher ce que deviendraient les couleurs d'une lame liquide mince si l'on faisait vibrer la lame en dirigeant sur elle des ondes sonores. Le phonéidoscope a pour but de trancher cette question. Il consiste en un cylindre vertical qui supporte une plaque métallique dans laquelle est découpée une ouverture propre à retenir une lame liquide. Au moyen d'un tube de caoutchouc, dont une extrémité est creusée dans le cylindre vertical et dont l'autre aboutit à une embouchure commode, on fait agir sur la surface inférieure de la lame des vibrations d'un son régulier quelconque, soit d'un instrument de musique, soit de la voix humaine. Le résultat de cette action est que les bandes de couleurs s'arrangent en une figure régulière qui demeure à peu près constante pendant un temps assez considérable, pourvu que le son excitant ne subisse aucun changement. Quant aux formes de ces figures, on s'attendrait certainement à y trouver des ressemblances avec les figures de Chladni, mais il n'en est rien. L'arrangement des bandes colorées ne présente aucune analogie avec les contours dessinés dans l'ouvrage de Chladni ; en outre, les figures phonéidoscopiques présentent un caractère tout à fait spécial, savoir des tourbillons associés par couples et tournant dans des directions opposées.

La vitesse de rotation des tourbillons dépend exclusivement de l'intensité du son excitant. En général, une figure phonéidoscopique due à un son musical donné présentera une combinaison de bandes fixes et de tourbillons. Par exemple, si la lame est circu-

laire et que l'on emploie le son d'un diapason renforcé par son résonnateur, on peut obtenir la figure ci-dessous.

Fig. 1.



Si l'on avait une série de diapasons correspondant à toutes les hauteurs de la gamme, on obtiendrait pour chaque diapason une figure différente. Aux sons graves correspondraient des figures à contours relativement larges; aux sons aigus des dessins extrêmement petits. En faisant agir simultanément deux diapasons de hauteurs différentes, on a une figure résultant des deux figures dues aux deux diapasons agissant séparément, de même que dans la Mécanique un seul mouvement résulte de deux mouvements composants.

Depuis qu'on a généralement admis l'analyse de Helmholtz, on reconnaît que les sons des différents timbres sont des agrégations de sons simples harmoniques. Il est donc évident que ces différences entre des notes de même hauteur doivent nécessairement s'accuser dans le phonéidoscope. L'expérience confirme de la manière la plus complète cette déduction.

L'articulation des voyelles fait ressortir les différences de timbre d'une façon saillante. Les nuances délicates entre les U français et allemand, entre le O et le Ö, le E et le Ä de cette dernière langue, sont aussi nettement présentées.

Si nous venons à l'étude des diphthongues, nous voyons que la figure phonéidoscopique passe successivement de celle de la première voyelle composante à la seconde, ce qui prouve expérimentalement que les diphthongues sont bien, comme l'écriture ordinaire l'indique, un composé de deux actions successives.

Je me fais un plaisir de mentionner que, lors de la présentation de mon Mémoire à la Société Royale de Londres, M. Ward, le jeune et intelligent préparateur de M. Spottiswoode, me montra un instrument identique en principe, avec lequel il m'avait devancé en faisant plusieurs des expériences que je venais de publier, quoiqu'il ne les eût fait connaître que dans le laboratoire de M. Spottiswoode.

SÉANCE DU 15 NOVEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 septembre est lu et adopté.

M. Antoine Breguet présente divers appareils de rotation électromagnétique qu'il a imaginés en vue d'étudier les meilleures conditions de fonctionnement des machines du système de Gràmme, considérées soit comme sources de courant, soit comme électromoteurs.

M. Gernez expose ses recherches sur l'influence d'une action mécanique pour provoquer l'ébullition d'un liquide surchauffé ou la décomposition d'une substance explosive.

M. Marey a étudié la décharge électrique d'un gymnote et constaté qu'elle se compose d'une série de décharges très-rapprochées comme celle de la torpille. Il a eu l'idée d'appliquer le téléphone à l'étude de la périodicité de ces décharges. Une torpille étant placée entre deux feuilles d'étain reliées au téléphone, on pique le lobe électrique de l'animal, et l'on entend une sorte de gémissement prolongé dont on a pu constater la hauteur. C'est le mi_1 correspondant à 165 vibrations doubles par seconde. La décharge ordinaire de la torpille est de trop courte durée pour que l'oreille puisse, par l'intermédiaire du téléphone, constater autre chose qu'un bruit sans tonalité déterminée.

Différentes formes d'appareils de rotation électromagnétique, et déplacement des frotteurs dans la machine de Gramme; par M. Antoine Breguet.

Lorsqu'un conducteur se meut dans un champ magnétique, la force électromotrice dont il devient le siége est proportionnelle au nombre des lignes de force qu'il coupe en un temps donné,

$$E = \frac{N}{t}.$$

Inversement, si le conducteur mobile est le siége d'une force électromotrice E, il se déplacera de façon à couper N lignes de force pendant le temps t, de façon que l'on ait

$$\frac{N}{t} = E.$$

Cette inversion absolue me permettra de choisir indifféremment entre les deux méthodes, fondées, l'une, sur la mesure du courant engendré par un déplacement connu, l'autre, sur la mesure d'un déplacement causé par une force électromotrice également connue. La dernière est certainement la plus commode à employer. Je me servirai d'appareils capables de prendre un mouvement de rotation dans un champ magnétique. Les nombres de tours exécutés pendant une minute serviront à comparer les résultats obtenus dans des conditions différentes.

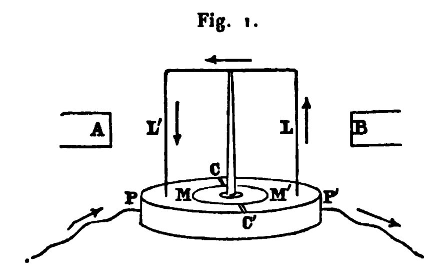
Si le conducteur, disposé comme l'indique la *fig.* 1, tourne autour de son axe de symétrie de façon que son plan, d'abord normal aux lignes de force, effectue une rotation de 180°, la force électromotrice, d'abord nulle, atteint un maximum et redevient nulle; après quoi, si la rotation se continue jusqu'à 360°, la force électromotrice repasse par la même série de valeurs prises en signe contraire.

Les cloisons d'ébonite C et C′ divisent le canal circulaire de mercure MM′ en deux arcs égaux.

Les deux pôles d'une pile aboutissent en P et P′, et l'appareil est placé dans le champ magnétique de l'aimant AB. Le passage du courant fait mouvoir le conducteur vers sa position d'équilibre

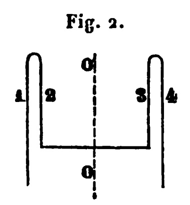
stable; mais, aussitôt qu'il l'atteint, les cloisons sont franchies par les branches L et L′, le courant change de sens, et, sous cette nouvelle influence, la rotation se continue, et ainsi de suite.

Fig. 1.



Dans le cas du conducteur représenté *fig.* 2, les fils adjacents 1 et 2, 3 et 4 coupent à peu près le même nombre de lignes de force. Le système, s'il est contraint à se déplacer mécaniquement, est traversé par deux courants contraires dont la différence est très-faible. Si les deux fils internes 2 et 3 se confondent avec l'axe de rotation, ils ne coupent plus aucune ligne de force pendant leur mouvement, et la force électromotrice développée dans le conducteur est la même que si ces fils internes n'existaient pas : on se trouve ainsi ramené au cas de la *fig.* 1.

Fig. 2.



Ce qui empêche le système actuel (*fig.* 2) de fournir les mêmes résultats que celui de la *fig.* 1, c'est donc l'action du champ magnétique sur les fils internes 2 et 3. S'il était possible de soustraire ces fils à l'action du champ, les deux systèmes deviendraient équivalents. Or, un anneau de fer occupant l'espace annulaire compris entre les deux circonférences de rayons o.1 et o.2 permet d'atteindre ce but. Cet anneau réalise, en effet, un écran magnétique, comme le montrent les fantômes (*fig.* 3 et 4) [1]. Les lignes

[1] En réalité, quelques lignes de force coupent aussi les fils internes, mais seu-

de force traversent les conducteurs externes, puis suivent le fer qui leur fournit un chemin plus facile, et, enfin, viennent traverser de nouveau les fils externes diamétralement opposés aux premiers. L'expérience montre d'ailleurs que le circuit 1.4 tourne avec rapidité sous l'influence d'un courant lorsque l'anneau de fer est convenablement disposé, et qu'il ne tourne qu'avec difficulté lorsque cet anneau est supprimé.

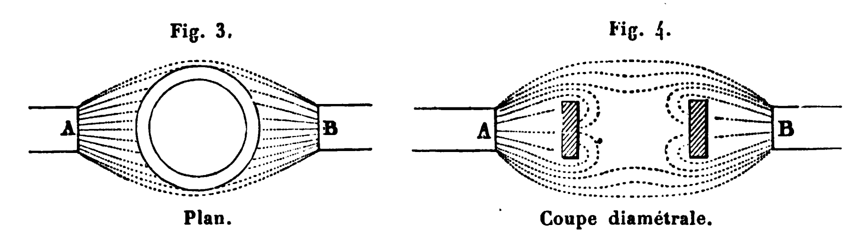


Fig. 3. Plan. — Fig. 4. Coupe diamétrale.

Les systèmes 1 et 2 sont susceptibles de multiplication, c'est-à-dire qu'il est possible de réaliser des circuits continus à autant de branches verticales que l'on veut, et dont chaque branche donnera un courant qui s'ajoutera au courant de toutes les autres.

L'appareil représenté *fig.* 1 donne naissance à un système multiple imaginé, après la machine de Gramme, par M. van Altcneck. Il peut se composer d'autant de branches que l'on trouve de sommets dans un polygone étoilé, d'un nombre pair de côtés. Le plus simple de ces polygones est l'octogone. La *fig.* 5 montre l'exemple d'enroulement fondé sur l'octogone. Les prises de contact y sont disposées aux extrémités de quatre branches seulement, et les auges de mercure doivent alors n'occuper chacune qu'un arc de 90°. Ici quatre courants de chaque côté ajoutent leurs forces électromotrices.

Le conducteur de la *fig.* 2 réalise, pour ainsi dire, un schéma de la machine de Gramme. Cette machine se compose, en effet, d'un anneau de fer enveloppé par les spires d'un fil continu. J'ai

---

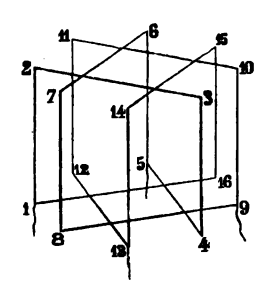
lement après s'être recourbées de 180°, de sorte que leur action s'exerce de façon à fournir un courant qui *s'ajoute* dans les spires à celui des fils externes. Sans anneau, les lignes de force couperaient les deux fils de manière à fournir deux courants en opposition.

Si l'anneau affectait la forme d'un long cylindre creux, sa surface interne ne serait coupée que par un très-petit nombre de lignes de force.

dit que les parties internes de ces spires sont soustraites à l'influence du champ magnétique presque entièrement, et que la faible influence à laquelle elles sont soumises s'exerce de façon à fournir un courant qui s'ajoute à celui des parties externes. Il est facile alors d'établir l'identité théorique de la machine de Gramme et du conducteur de la *fig.* 2, armé de son anneau de fer.

Afin d'accroître l'intensité du champ magnétique dans la région où se meut la bobine et d'augmenter par là la capacité d'une machine donnée, il est indispensable d'emprisonner un noyau de fer dans le circuit d'Alteneck. Dans la machine de Gramme, l'armature de fer existe déjà, commandée par l'essence même de la machine.

Fig. 5.



Ces armatures peuvent être immobiles ou entraînées dans le mouvement de la bobine, sans que rien soit changé aux précédentes explications. Cependant, si l'on se rappelle l'expérience de Foucault sur le magnétisme de rotation, on est amené à constituer l'anneau, s'il est mobile, par des spires de fil de fer enroulées autour de sa propre circonférence et noyées dans un enduit isolant.

Il me reste encore à parler d'un phénomène particulier qui se rencontre dans tous les appareils que je viens d'exposer. L'expérience montre que, pour obtenir les meilleurs effets possibles d'une machine de Gramme, il convient de donner aux balais frotteurs une position notablement différente de celle que la théorie semble à première vue leur assigner. Cette anomalie a toujours été attribuée au retard à l'aimantation de l'anneau de fer doux. J'ai pu démontrer que ce n'est pas là sa vraie cause et que la force

coercitive de l'armature ne suffit nullement à expliquer les particularités de ce phénomène.

La position la plus favorable des frotteurs, indiquée par la théorie, est telle que le diamètre des prises de contact soit normal à la ligne de force qui passe par l'axe de rotation. Mais il faut tenir compte de la réaction du champ magnétique propre aux courants sur le champ magnétique fixe des aimants, réaction qui amène une déformation de ce dernier. La ligne de force moyenne n'affecte donc pas une forme constante lorsque le circuit est traversé ou non par un courant; la position des frotteurs doit donc être modifiée. Ces considérations montrent que l'influence du fer doux de l'armature n'entre pour rien dans le déplacement des prises de contact, et l'expérience montre, en effet, qu'il suit les mêmes lois dans les systèmes qui ne comportent aucune armature.

Mes conclusions peuvent se formuler de la manière suivante :

« Lorsqu'on veut obtenir le meilleur effet possible du système constitué par un circuit mobile animé d'un mouvement de rotation dans un champ magnétique :

» 1° Si ce mouvement est causé par le passage du courant d'une source étrangère, le diamètre des prises de contact doit être déplacé, *en sens inverse de la rotation,* d'un angle d'autant plus grand que l'intensité du courant est plus considérable et que l'intensité du champ magnétique fixe est plus faible.

» 2° Si ce mouvement est destiné, au contraire, à engendrer un courant continu dans l'appareil, le même diamètre doit être déplacé dans le sens de la rotation. »

Il importe de remarquer que, dans le cas spécial où le champ magnétique est produit, non par un aimant permanent, mais par un électro-aimant excité par le courant du circuit mobile, le déplacement des frotteurs est insensible pour de faibles vitesses de rotation. Les champs magnétiques fixe et mobile sont en effet, dans ce cas, fonctions l'un de l'autre. Dans de certaines limites, leurs intensités croissent ensemble sans qu'aucune devienne prédominante. La déformation du champ fixe n'est donc que peu accusée, et, puisque c'est elle qui commande le déplacement des prises de contact, celui-ci ne prendra de valeurs notables qu'à partir du moment où l'intensité du courant excitateur aura pu saturer les électro-aimants.

Sur l'efficacité d'un mouvement vibratoire pour provoquer la décomposition des liquides explosifs et l'ébullition des liquides surchauffés; par M. D. Gernez.

Dans un Mémoire consacré à l'*Étude des solutions gazeuses sursaturées* (¹), j'ai établi que, si l'on nettoie avec un soin suffisant des tubes de verre, on peut y conserver pendant très-longtemps, à l'état de sursaturation, des solutions de gaz que l'on a saturées sous des pressions supérieures à 2^{atm} et même 3^{atm}, bien que les tubes soient librement ouverts dans un milieu qui ne contient que des quantités négligeables de gaz dissous. J'ai fait voir, en effet, que s'il n'y a pas, dans le liquide, d'atmosphère gazeuse retenue soit par les parois du vase, soit autour des corps solides qui s'y trouvent, l'émission du gaz dissous n'a lieu qu'à la surface libre du liquide et qu'elle ne continue qu'à la suite d'un échange de couche en couche qui ne s'effectue qu'avec une extrême lenteur si la température est constante. C'est ainsi que l'on peut conserver pendant plusieurs mois de l'eau de Seltz sursaturée dans un tube ouvert de $0^m,40$ de long, si l'on a eu soin d'éliminer les causes qui amèneraient une atmosphère gazeuse dans le liquide sursaturé. Vient-on, au contraire, à y introduire des bulles de gaz, chacune d'elles est le siége d'une émission gazeuse d'autant plus abondante que, toutes choses égales d'ailleurs, sa surface est plus grande. Or, parmi les moyens que l'on peut employer pour produire des surfaces d'émission de gaz ou des solutions de continuité dans la colonne liquide, l'un des plus efficaces et qui donne lieu aux effets les plus rapides consiste à communiquer un mouvement vibratoire énergique au tube qui contient le liquide : si l'on fait usage d'un tube de verre fermé à un bout, de plus de 1^m de long et de 5 à 8^{mm} de diamètre, rempli d'eau de Seltz ordinaire, par exemple, et que, le tenant verticalement par son milieu, on en frotte longitudinalement la moitié inférieure avec du drap légèrement mouillé, de manière à obtenir un son un peu intense,

(¹) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 2ᵉ série, t. IV, p. 311, et *Journal de Physique*, t. IV, p. 42.

on voit naître subitement un nuage de bulles gazeuses, qui grossissent assez rapidement pour projeter hors du tube une grande partie du liquide.

Les analogies que j'ai fait connaître depuis longtemps entre le dégagement des gaz de leurs solutions sursaturées et la décomposition des corps explosifs, ainsi que l'ébullition des liquides surchauffés, m'ont conduit à essayer l'influence d'un mouvement vibratoire énergique sur ces deux phénomènes. Je vais indiquer sommairement le résultat de cette étude.

En ce qui concerne la décomposition des corps explosifs, j'ai principalement expérimenté sur le liquide bleu connu sous le nom d'*acide azoteux* et qui se dépose au fond de l'eau refroidie lorsqu'on y fait tomber goutte à goutte de l'acide hypoazotique. A cet effet, j'ai nettoyé un tube de verre d'environ 1^m de long et 6^{mm} de diamètre, en y faisant séjourner successivement de la potasse caustique chaude, de l'eau bouillante, de l'acide sulfurique chaud, de l'alcool bouillant, puis le lavant plusieurs fois avec de l'eau distillée filtrée. J'ai porté le tube, plein aux trois quarts d'eau distillée bouillie, à une température voisine de 100°; je l'ai enfin introduit dans de la glace. J'ai alors laissé tomber dans cette glace de l'acide hypoazotique bien limpide, et il s'est formé au fond du tube une couche bleue d'acide azoteux, surmontée d'une solution incolore d'acide azotique. Dans ces conditions, le liquide peut être amené lentement jusqu'à une température supérieure à 20°, comme je l'ai indiqué depuis longtemps, sans manifester la moindre trace de décomposition, et on peut le conserver inaltéré pendant un certain nombre de jours, à la condition de n'y rien introduire qui amène une atmosphère gazeuse. Mais, si l'on tient par son milieu un tube ainsi préparé, et qu'on le fasse vibrer longitudinalement en frottant énergiquement la moitié inférieure de manière à lui faire rendre un son intense, le liquide est instantanément projeté à une distance de plusieurs mètres, en manifestant tous les caractères d'une véritable explosion. Dans cette expérience, l'acide azoteux se décompose en bioxyde d'azote et acide azotique, et la rapidité du phénomène tient d'abord, comme dans l'expérience précédente, à ce que le mouvement vibratoire que l'on communique au liquide détermine, s'il est suffisamment énergique, la rupture de la continuité du liquide en un grand nombre de points : il en résulte de nom-

breuses surfaces libres sur lesquelles la décomposition peut s'effectuer; de plus, l'acide azoteux, ainsi qu'il résulte des recherches de M. Berthelot, se décompose avec dégagement de chaleur, et l'échauffement instantané qui en résulte dans la masse augmente considérablement la rapidité du dégagement de gaz qui, ne trouvant pas assez vite une issue, projette devant lui le liquide superposé.

Les liquides surchauffés entrent aussi en ébullition sous l'influence d'un mouvement vibratoire : l'expérience, qui présenterait quelques difficultés avec des liquides dont le point normal d'ébullition est supérieur à la température ordinaire, est au contraire facile si l'on fait usage de substances dont le point normal d'ébullition est notablement inférieur à cette température. On procède du reste de la même manière que dans les cas précédents. Dans des tubes nettoyés avec les soins indiqués plus haut, on réussit aisément à surchauffer les liquides et à les amener à des températures qui dépassent de 10°, 20°, 30° et plus le point normal d'ébullition sous la même pression. On peut se servir, par exemple, d'éther éthylchlorhydrique qui bout à 11° sous la pression ordinaire et que l'on amène facilement à 25° sans qu'il y ait ébullition; ou encore d'acide sulfureux qui bout à — 10°; on peut aussi faire usage de protoxyde d'azote liquide, mais le liquide qui se prête le mieux à l'expérience est l'éther méthylchlorhydrique, qui bout à — 23° et que l'on peut se procurer et manipuler facilement, grâce aux intéressantes recherches de M. C. Vincent. Voici comment on peut réaliser l'expérience : on dispose sur un tube soigneusement nettoyé un entonnoir muni d'un filtre et l'on y fait tomber le liquide en ouvrant le réservoir qui le contient; une quantité relativement petite du liquide s'évapore en refroidissant l'entonnoir et le tube, qui bientôt se remplit. L'évaporation de ce liquide, n'ayant lieu qu'à la surface libre, est extrêmement lente, et souvent le niveau ne baisse pas de plus de $0^m,01$ par heure; le froid produit par l'évaporation est insuffisant pour entretenir la température au-dessous du point normal d'ébullition. Si le tube est entouré d'air sec, le réchauffement du liquide est lent; il est plus rapide s'il n'est pas protégé par une double enveloppe à air sec, car la vapeur d'eau atmosphérique se condense à sa surface et forme une couche de givre qui fond peu à peu. Lorsqu'elle est fondue, dès qu'on fait vibrer le tube, il se produit une ébullition extrêmement active,

mais qui s'arrête aussitôt, au lieu d'augmenter comme dans les expériences précédentes. Ce fait s'explique aisément : la transformation subite en vapeur d'une grande quantité de liquide consomme beaucoup de chaleur et détermine un tel refroidissement du liquide non vaporisé, que sa température peut être ramenée dans le voisinage du point normal d'ébullition.

SÉANCE DU 6 DÉCEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 15 novembre est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. le B[on] d'Eichthal, à Paris ; le C[te] Th. de Dienheim Brochocki, ingénieur à Paris ; Faure, ingénieur de la Société the Coton-Powder oare Works, à Faresham (Angleterre) ; Guerby, professeur au collége de Grasse ; Hauck (W.-J.), constructeur à Vienne (Autriche) ; Romanet, ancien élève de l'École des Mines, à Bovelles (Somme) ; Roode (F.), ingénieur, à Paris ; Tilmant (V.), directeur de l'École supérieure à Lille ; Stepanoff, préparateur de Physique à Cronstadt (Russie).

M. Pellat expose l'appareil qu'il a imaginé pour effectuer la synthèse de couleurs composées de composition connue.

M. Dumoulin-Froment présente un appareil basé sur l'invariabilité du plan de rotation du tore, et destiné à parer aux erreurs auxquelles peut exposer en certains cas l'emploi exclusif du compas de mer.

M. Duter décrit une expérience qui prouve que, dans certains cas, l'électrisation peut changer le volume des corps.

M. Antoine Bréguet présente, de la part de M. Édouard André, un téléphone à ficelle trouvé dans la Nouvelle-Colombie, en janvier 1876. L'instrument paraîtrait connu dans la Nouvelle-Grenade depuis longtemps.

M. Niaudet attribue l'invention du téléphone à ficelle à M. Weinhold, professeur de Physique à Chemnitz, qui a publié, en 1870,

dans le ***Repertorium für experimental Physik,*** **le détail d'une expérience sur la transmission de la voix humaine par un fil de fer.**

Appareil destiné à effectuer la synthèse des couleurs composées; théorie de la réflexion; par M. Henri Pellat.

Dans certaines questions d'Optique, le calcul donne les différentes proportions suivant lesquelles les couleurs du spectre de la lumière blanche doivent être prises dans une teinte colorée; par exemple, les phénomènes de polarisation rotatoire et chromatique se prêtent au calcul. Or, jusqu'ici, on n'avait guère d'autre ressource, pour contrôler l'exactitude de ces calculs et, par conséquent, des théories sur lesquelles ils reposent, que l'emploi du cercle chromatique de Newton ou celui des disques rotatifs, qui ne pouvaient donner la teinte que d'une façon grossièrement approchée. C'est ce qui m'a engagé à construire un appareil qui réalise la teinte calculée en prenant les couleurs mêmes du spectre, suivant les proportions voulues et en les mélangeant complétement.

Cet appareil (dont le principe est celui d'une des dispositions expérimentales de Newton pour reconstituer la lumière blanche) se compose d'un collimateur formé par une fente F (*fig.* 1) placée au foyer d'une lentille A. Les rayons émis par la fente, rendus parallèles par la lentille, tombent sur un prisme de 60° en flint dispersif, ayant ses arêtes parallèles à la fente et tourné au minimum de déviation pour la raie D. Les rayons déviés et dispersés passent à travers une lentille convergente B qui donne, en son foyer H, un spectre réel de la fente; dans ce plan se trouvent deux rainures parallèles qui permettent d'y placer un écran pouvant intercepter une certaine portion du spectre. Ces écrans sont formés par une lame rectangulaire en verre (*fig.* 2), rendue opaque par places au moyen d'une couche d'encre de Chine; la courbe de séparation entre la partie opaque et la partie transparente se dessine, d'après la loi indiquée par le calcul, d'une façon fort simple : il faut que la hauteur AB non interceptée d'une couleur soit à la hauteur totale CD dans le rapport suivant lequel on veut admettre

cette couleur dans la teinte colorée. La ligne CD, correspondant à une raie X du spectre, se trouve dans tous les écrans à la même distance de l'arête EF de la lame; celle-ci est poussée dans la glissière jusqu'à ce que cette arête vienne buter contre une vis V, réglée de façon que la raie X tombe en CD; les écrans se mettent ainsi en place sans tâtonnement. Immédiatement derrière le plan du spectre se trouve une lentille convergente G, assez large pour le recevoir tout entier; elle donne au foyer conjugué de la face de sortie du prisme, vue à travers la lentille B, une image réelle

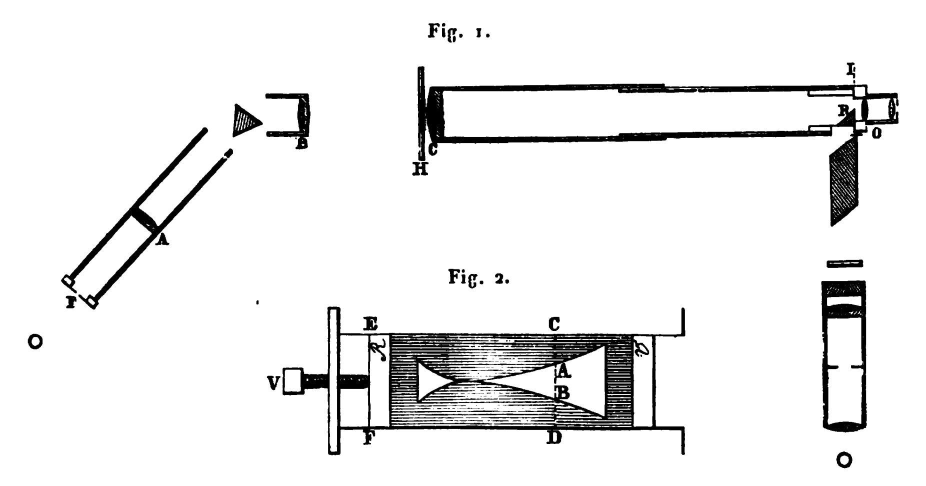


Fig. 1.

Fig. 2.

de celle-ci, image qui sera blanche si aucune couleur n'est interceptée, mais qui se colorera d'une teinte parfaitement plate si un écran intercepte d'une façon inégale, mais quelconque du reste, les différentes couleurs.

On pourrait recevoir cette image sur un écran et la voir par diffusion, comme dans l'expérience de Newton, mais ce procédé nécessite l'emploi d'une source lumineuse au moins aussi intense que la lumière Drummond; il est bien préférable de la regarder directement en plaçant l'œil derrière. Mais une difficulté se présente : si l'on regarde à l'œil nu cette image, il faudra se placer à une distance au moins égale au minimum de vision distincte; or, à cette distance, les différentes couleurs qui se sont réunies dans l'image se sont séparées de nouveau et forment un spectre diffus dont les dimensions linéaires sont bien supérieures au diamètre de

la pupille; celle-ci se trouve placée dans l'une ou l'autre des couleurs qui seule est admise sur la rétine; le mélange ne se fait pas. Pour obvier à cet inconvénient, il faut regarder l'image avec un oculaire négatif ou positif très-convergent (¹); celui-ci donne, derrière l'œilleton, une image très-petite du spectre, dont les dimensions sont inférieures à celles de la pupille, et, en plaçant l'œil devant l'oculaire mis au point, on voit l'image de la face de sortie du prisme teintée du mélange des couleurs conservées, car aucune n'est arrêtée par les bords de l'iris.

Pour que cet appareil réalise exactement la couleur calculée, il y a quelques conditions à remplir. Il faut d'abord que la teinte regardée soit parfaitement plate pour que le mélange soit complet; or, pour cela, il est nécessaire que chaque point de l'image soit également éclairé par tous les points du spectre, condition qui revient à la suivante : que chaque point de la petite portion de la face de sortie du prisme dont l'image est vue par l'oculaire soit également éclairé par tous les points de la fente. On doit donc employer une source lumineuse réelle d'un diamètre (apparent et réel) qui ne soit pas trop faible (²), et l'on disposera la lentille du collimateur de façon que l'image de cette source aille se former à peu près sur la face de sortie du prisme, à l'endroit dont l'image est vue à travers l'oculaire.

Il faut encore que chaque couleur du spectre présente la même intensité dans toute sa hauteur (³), ce qui nécessite une fente à bords bien parallèles, également éclairée dans toute sa hauteur.

En général, il est intéressant de comparer la teinte réalisée par

---

(¹) Un oculaire de Ramsden, d'un grossissement de 20 diamètres, convient parfaitement.

(²) La lumière diffusée par les nuées, la lumière d'une lampe modérateur ou d'un bec de gaz conviennent parfaitement. La lumière directe du Soleil serait aveuglante dans les conditions ordinaires; si l'on avait besoin de s'en servir, il faudrait joindre au collimateur une lentille d'au moins $0^m,60$ de foyer, qu'on placerait à cette distance de la fente et du prisme.

Je compte modifier ainsi l'appareil pour étudier le mélange de deux ou trois couleurs réduites à des bandes linéaires très-étroites.

(³) On s'assure que cette condition est bien remplie à l'aide d'un écran opaque, présentant une bande transparente oblique, à bords parallèles.

La teinte doit rester parfaitement blanche. Ce procédé est d'autant plus sensible que la bande est plus étroite.

l'appareil à celle d'une source lumineuse, soit blanche, soit colorée, ou, dans le cas de la polarisation rotatoire et chromatique, à celle fournie par l'appareil de Nörremberg. Pour que cette comparaison s'effectue dans les meilleures conditions, il se trouve dans le plan regardé par l'oculaire (qui doit être positif), la face d'un prisme à réflexion totale R qui renvoie dans l'œil la lumière d'une source placée latéralement; le champ se trouve ainsi partagé en deux parties égales : dans l'une on voit la teinte calculée, réalisée par l'appareil, dans l'autre la teinte de comparaison; ces deux teintes sont juxtaposées comme les deux parties d'une plaque à deux rotations.

Voici maintenant quelles sont les recherches qui m'ont amené à construire cet appareil et à m'en servir.

J'avais besoin, pour mettre en évidence quelques propriétés de l'éther, de m'appuyer sur les formules de Cauchy relatives à la réflexion d'une onde plane incidente à la surface de séparation de deux milieux transparents. Quelques physiciens ont adressé à ces formules la critique suivante.

Suivant les idées de Fresnel et de Cauchy, généralement admises aujourd'hui, l'éther serait répandu dans tous les corps transparents et occuperait l'espace laissé entre elles par les molécules pondérables.

Les propriétés de ce fluide, telles que la densité moyenne ou la vitesse de la lumière qui en dépend, sont constantes dans un même milieu, mais varient d'un milieu à un autre ; de là, les phénomènes de réflexion et de réfraction qui se produisent à la surface de séparation. Or, il est fort probable qu'il existe entre deux corps transparents une couche dans laquelle les propriétés de l'éther sont intermédiaires entre celles qu'il possède dans chacun d'eux et varient graduellement des unes aux autres. Cette couche, qui est désignée sous le nom de *couche de transition* (1), se trouvant là précisément où s'opère la réflexion, peut jouer un rôle important dans ce phénomène, et quelques physiciens ont pensé que les for-

(1) Il faut se garder de la confondre avec la couche dans laquelle les vibrations *évanescentes* de Cauchy ont une existence sensible. Une expérience bien connue de Fresnel montre que cette dernière couche a une épaisseur appréciable; mais cette expérience ne prouve rien sur l'épaisseur de la couche de transition.

mules de Cauchy, qui n'en tiennent pas compte, ne devaient représenter que d'une façon éloignée le phénomène réel.

Pour savoir ce que vaut cette critique, il faut d'abord connaître quelle peut être l'épaisseur de cette couche de transition. J'ai essayé, non pas de la déterminer exactement, mais de fixer une limite à laquelle elle devait rester inférieure.

Un phénomène vulgaire semble prouver que cette couche a une épaisseur très-faible : c'est la fidélité parfaite avec laquelle les couleurs composées sont reproduites par la réflexion à la surface des corps transparents ; la lumière blanche, en particulier, se réfléchit en restant parfaitement blanche. Or, ceci me paraît incompatible avec une épaisseur de la couche de transition comparable à la longueur d'onde.

En effet, au point de vue optique, il n'y aura aucun plan de séparation absolue entre les deux milieux, aucun plan sur lequel la réflexion s'effectue exclusivement. Dans la couche de transition, à la limite commune de deux tranches dont les propriétés diffèrent infiniment peu, doit se produire une onde réfléchie d'intensité infiniment faible, et c'est la superposition de toutes ces ondes élémentaires, provenant de profondeurs différentes à l'intérieur de la couche, qui doit produire ce qui est appelé l'*onde réfléchie*. Or, il est clair que, si cette couche a une épaisseur comparable à la longueur d'ondulation, les ondes élémentaires provenant des parties profondes auraient un retard sensible sur celles qui se sont réfléchies dans les parties superficielles ; il se produira un phénomène analogue à celui des lames minces, la lumière blanche sera teintée par la réflexion.

Pour plus de précision, j'ai appliqué le calcul à cette manière de voir, et j'ai obtenu une formule approchée, applicable sous l'incidence normale, que j'ai établie en considérant la couche de transition comme formée d'une infinité de lames infiniment minces, d'indice variant par quantités infiniment petites depuis la première jusqu'à la dernière. Pour une épaisseur supposée à la couche de transition, cette formule donne les proportions différentes suivant lesquelles les diverses couleurs existent dans l'onde réfléchie.

Je ne m'en suis pas tenu là : pour contrôler l'exactitude du précédent calcul et des vues théoriques sur lesquelles il repose, j'ai établi à nouveau les formules de Cauchy en m'appuyant sur les

mêmes hypothèses ([1]), sauf celle qui suppose nulle l'épaisseur de la couche de transition. J'ai appliqué le principe de continuité des élongations et de leurs dérivées par rapport à la normale, non pas à la surface des deux milieux transparents supposés brusquement limités, mais au plan de séparation de deux tranches, dont les propriétés sont infiniment voisines, dans l'intérieur de la couche.

On est ainsi conduit à une équation différentielle, dans le cas où l'onde incidente polarisée a ses vibrations perpendiculaires au plan d'incidence, et à un système de deux équations à deux fonctions inconnues, dans le cas où les vibrations sont comprises dans le plan d'incidence. Je me suis borné à traiter complétement le premier cas. L'équation est du second ordre, elle se ramène aisément à celle de Riccati; on obtient un développement de l'intégrale en série très-convergente, et, dès qu'on suppose l'épaisseur plus faible que $\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{7}$ de longueur d'onde, on peut se borner aux deux premiers termes. On trouve ainsi des formules représentant les amplitudes de l'onde réfléchie et de l'onde réfractée, applicables, quelle que soit l'incidence, se réduisant aux formules de Fresnel (ou de Cauchy) quand on suppose nulle l'épaisseur de la couche de transition, satisfaisant, quelle que soit cette épaisseur, au principe de la conservation de l'énergie, *quoique ce principe ne soit pas employé pour les établir*.

Ces formules donnent sous l'incidence normale, dès que l'épaisseur supposée à la couche est inférieure à $\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{7}$ de longueur d'onde (c'est-à-dire dès que leur emploi est légitime), les mêmes résultats numériques que la formule approchée obtenue d'abord pour les proportions suivant lesquelles les différentes couleurs sont réfléchies. L'accord complet de ces deux formules, obtenues par des voies complétement différentes et dont la seconde est très-rigoureuse, m'a donné confiance dans leurs résultats.

J'ai pu alors calculer les proportions des diverses couleurs dans la lumière réfléchie provenant d'un rayon incident blanc, en sup-

---

([1]) Ces hypothèses, au nombre de trois, sont communes à la théorie de la double réfraction, dont les conséquences (réfraction conique, etc.) ont reçu de l'expérience une confirmation si éclatante.

posant l'épaisseur successivement égale à $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, . . . , $\frac{1}{16}$ de longueur d'onde moyenne λ. J'ai construit les écrans correspondants, et, les ayant introduits dans l'appareil, j'ai constaté que, pour $\frac{\lambda}{5}$, la couleur blanche deviendrait jaune d'or par réflexion; pour $\frac{\lambda}{6}$, elle serait d'un jaune pâle; pour $\frac{\lambda}{8}$, elle se distingue encore nettement du blanc employé au comparateur; pour $\frac{\lambda}{9}$, $\frac{\lambda}{10}$, la distinction est plus incertaine; par conséquent, l'épaisseur de la couche de transition est plus faible que $\frac{1}{8}$ de longueur d'onde moyenne. J'ai constaté, en outre, qu'un rayon solaire réfléchi quatre fois entre deux lames de verre parallèles, sous l'incidence presque normale, reste parfaitement blanc, ce qui montre que l'épaisseur de la couche doit être plus faible que $\frac{1}{16}$ de longueur d'onde.

Si maintenant on introduit dans les formules de Cauchy *modifiées* la supposition d'une épaisseur de la couche de transition plus faible que $\frac{1}{16}$ de longueur d'onde, on voit qu'elles donnent des résultats ne différant pas sensiblement de ceux fournis par les formules qui la supposent nulle.

C'est ainsi que j'ai cru pouvoir répondre à la seule critique un peu sérieuse qu'on ait adressée aux formules de Cauchy.

Gyroscope marin de M. E. Dubois;
par M. P. Dumoulin-Froment.

Le gyroscope que j'ai construit sur les indications de M. Dubois est un instrument qui a pour but de déterminer, à un demi-degré près, *l'angle dont un navire vient sur bâbord ou sur tribord* quand il change de route.

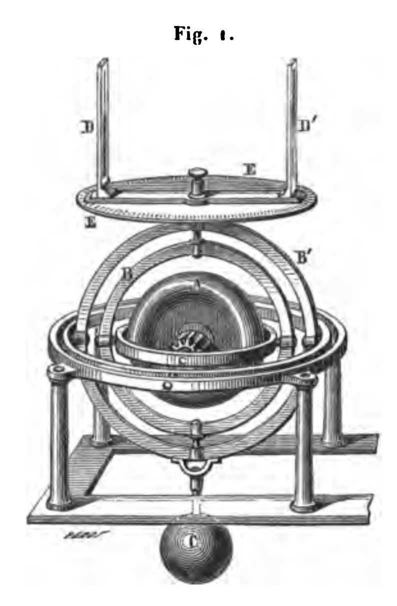
Cet instrument est basé sur l'*invariabilité dans l'espace du plan de rotation d'un tore* animé d'une certaine vitesse; comme l'expérience ne dure que trois ou quatre minutes, on peut négliger le mouvement de rotation de la Terre.

Le gyroscope marin se compose de deux parties principales : 1° le gyroscope proprement dit ou mobile, tournant avec son

système de suspension de Cardan ; 2° le rouage destiné à lui donner un mouvement de rotation rapide autour de son axe.

L'anneau vertical B (*fig.* 1) qui supporte le tore peut se mouvoir avec la plus grande facilité autour d'un axe vertical, lorsqu'il est au repos ; cet anneau est terminé à sa partie supérieure par un prolongement qui dépasse l'anneau de suspension de Cardan B′ et porte à son extrémité une alidade à pinnules DD′, laquelle se trouve au-dessus et très-près d'un plateau divisé E ; dans l'état de repos, la pinnule peut donc se mouvoir autour d'un axe vertical, en parcourant tous les points de l'horizon ; lorsque le tore tourne rapide-

Fig. 1.



ment, le plan déterminé par le mobile et, par suite, celui de la pinnule seront maintenus fixes dans l'espace, et, si le bâtiment se déplace à gauche ou à droite, le plateau divisé, entraîné dans le mouvement, se déplacera par rapport au plan de l'alidade.

Quand on veut animer le gyroscope du mouvement de rotation nécessaire pour obtenir la fixité du plan dont il vient d'être question, on se sert d'un rouage mû par une manivelle, dont le bâti peut s'élever et s'abaisser à volonté pour embrayer ou désembrayer le dernier mobile avec l'un des pignons, fixés vers les extrémités de l'axe du tore.

Pour effectuer l'embrayage, on soulève le rouage, on l'amène près d'un des pignons du tore, et on l'accroche à la cheville disposée à cet effet; on peut alors tourner la manivelle, en augmentant la vitesse progressivement jusqu'à atteindre environ celle d'un tour en trois secondes, ce qui correspond à une vitesse de cent vingt-cinq tours au tore; on quitte la manivelle, et, prenant le bouton du levier qui porte la cheville dont il a été question, on l'écarte vivement sans hésitation autant que possible, et sans toucher à aucun autre organe de l'appareil. Le rouage quitte instantanément le gyroscope et tombe dans sa position inférieure; l'appareil est en état de fonctionnement, et voici dans quelles circonstances il pourra être employé avec avantage.

Lorsqu'un navire quitte une rade, il gouverne à un certain rhumb de vent du monde indiqué par le compas d'habitacle, dont on connaît la variation pour ce cap.... On sait que la déclinaison de l'aiguille aimantée a des valeurs différentes dans un même lieu à bord d'un navire, suivant qu'il se dirige sur un cap ou sur un autre; c'est ce qu'on appelle la *variation.*

Lorsque le capitaine du navire juge convenable de changer de route et de venir de 3o° par exemple sur bâbord, le compas d'habitacle, en raison des variations différentes qui existent pour chaque cap, ne peut lui servir pour le changement de route que s'il a un Tableau exact des variations qui conviennent au lieu et à la latitude où se trouve le navire.

L'emploi du gyroscope permet de se passer de ce Tableau.

Un instant avant d'agir sur la barre du gouvernail pour venir de 3o° sur bâbord, le tore est mis en mouvement et n'est abandonné à lui-même que lorsque le navire va commencer son évolution. Un premier observateur surveille l'index de l'alidade. Un deuxième surveille la rose du compas et crie *Stop,* au moment où il voit le navire bien au cap indiqué par la rose au moment de la sortie du port. L'observateur du gyroscope note soigneusement l'indication de l'index de l'alidade : c'est le point de départ à partir duquel il doit compter 3o°.

La barre du gouvernail est alors mise à tribord; le navire vient sur bâbord, et l'observateur suit le mouvement de son alidade. Un peu avant que les 3o° soient décrits, la barre est mise droite; le navire continue à venir encore un peu sur bâbord, et l'observateur

du gyroscope crie *Stop* au moment exact où il voit les 30° accomplis. L'observateur du compas note l'indication de la rose à ce *Stop*, puis on continue à gouverner pendant trois ou quatre minutes, de manière à maintenir le cap du navire aux 30° du gyroscope. On peut ainsi avoir d'une manière suffisamment exacte le cap magnétique du compas, qui correspond à la route donnée par le gyroscope.

On le laisse alors de côté et l'on continue à gouverner à ce cap magnétique, dont on connaît le cap vrai, jusqu'à ce que le capitaine veuille changer de route.

On pourrait se servir aussi du gyroscope pour dresser dans le port, en rade ou à la mer, une Table de variations ; il suffira de faire tourner le navire sur lui-même, après avoir mis le gyroscope en mouvement, et de répéter l'opération indiquée ci-dessus pour les caps vrais, considérés de 10° en 10° par exemple.

Le gyroscope conservant un mouvement rapide de rotation pendant douze ou quinze minutes, temps supérieur à celui employé par un navire sous vapeur pour faire un tour sur lui-même, on pourra ainsi dresser en une seule fois la Table des variations.

Sur un phénomène nouveau d'électricité statique ;
par M. E. Duter.

L'expérience dont voici la description prouve que, dans certains cas, l'électrisation peut changer le volume des corps.

Pour faire cette expérience, on se procure un tube de verre AB (*fig.* 1) terminé en CD par une tige thermométrique très-étroite ; à l'intérieur de ce tube pénètre un fil de platine E. Le tube AB est enveloppé par un second tube également en communication avec un tube thermométrique GH ; à l'intérieur de ce deuxième tube pénètre également un fil de platine F.

On remplit d'un liquide conducteur quelconque, eau, mercure, solutions salines ou acides, l'intérieur du tube AB et la capacité comprise entre ce tube et son enveloppe. Dans cette disposition, le liquide du réservoir intérieur forme l'armature interne d'un condensateur, le liquide de l'enveloppe en forme l'armature

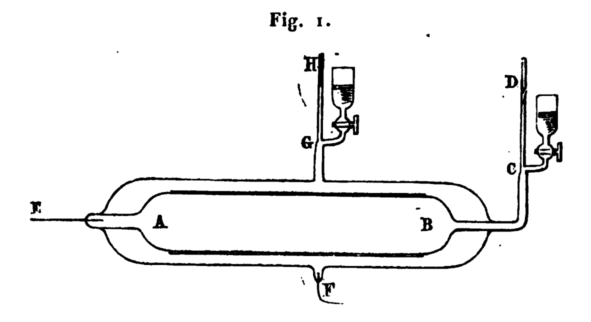
externe, et le verre intérieur en est la lame isolante. Pour charger ce condensateur, il suffit de mettre chacun des fils de platine E et F en communication avec les pôles d'une machine électrique.

Aussitôt que l'appareil reçoit la charge, on voit l'eau descendre dans le tube thermométrique du vase intérieur et monter d'une quantité sensiblement égale dans le tube mesureur de l'enveloppe. Aussitôt que l'on décharge l'appareil, tout rentre dans l'état primitif : le liquide qui était descendu dans le tube du vase intérieur remonte, et celui qui était monté dans le tube de l'enveloppe redescend. Il faut donc conclure que, pendant la charge d'une bouteille de Leyde, la capacité intérieure et le volume extérieur croissent.

Pour ne laisser aucun doute au sujet de cette conclusion, je vais passer en revue les objections que l'on peut y faire :

1° On ne peut attribuer cet effet à une augmentation de tempé-

Fig. 1.



rature, puisque la décharge le fait disparaître immédiatement au lieu de l'accroître.

2° On pourrait parler de la pression électrique, mais elle serait la même sur les deux faces du diélectrique, dont elle *diminuerait* le volume, ce qui est contraire à l'effet observé.

3° On peut dire aussi que le liquide ne mouille pas parfaitement le verre avant l'électrisation, et que, après, par suite de l'attraction, il se produit un contact plus intime donnant lieu à une contraction apparente du liquide; mais alors le même phénomène devrait se produire pour le liquide extérieur, ce qui n'a pas lieu.

4° On pourrait encore parler de propriétés différentes des armatures positives et négatives; mais, si l'on intervertit les communications de l'appareil avec la machine électrique, le sens du phénomène ne change pas.

En résumé, il est établi que, dans une bouteille de Leyde, la lame isolante subit par l'électrisation une dilatation qui ne peut s'expliquer ni par un accroissement de température, ni par une pression électrique.

On se trouve donc en présence d'un phénomène nouveau; quant à l'interprétation qui s'en peut donner, bien qu'il s'en présente plusieurs à l'esprit, il serait prématuré de les discuter. Pour le moment, je m'occupe de prendre les mesures des variations de volume du diélectrique corrélatives des potentiels de l'appareil.

SÉANCE DU 20 DÉCEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BLAVIER.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 décembre est lu et adopté.

Sont élus membres de la Société : MM. Damien, professeur de Physique au lycée de Lille; Maneuvrier, agrégé des Sciences, attaché à l'École des Hautes-Études, à Paris; Morel, maître de conférences à la Faculté de Médecine de Lille; Richet (Ch.), professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris; Sautter fils (Gaston), ingénieur à Paris; Witz (Aimé), ingénieur civil à Lille.

M. le Secrétaire général présente, au nom de M. Bourseul, une forme nouvelle de microphone. Ainsi qu'on a pu s'en convaincre, à l'aide de cet appareil le timbre de la voix est beaucoup moins modifié que lors de la transmission par deux téléphones.

M. Aymonnet décrit la méthode qu'il a imaginée dans ses recherches sur la chaleur rayonnante pour graduer les galvanomètres.

M. Joubert expose les recherches qu'il a faites sur la variation du pouvoir rotatoire du quartz avec la température.

M. Gernez, à propos de cette communication, rend compte de recherches qu'il a faites sur le même sujet.

D'un nouvel appareil, l'électrophone; par M. Bourseul.

Cahors, le 23 novembre 1878.

Monsieur le Secrétaire général,

J'ai l'honneur de vous adresser aujourd'hui un électrophone que je vous prie d'essayer et ensuite de présenter, si vous le jugez convenable, à la Société de Physique. Le résultat donné par cet instrument est très-satisfaisant; la parole est reproduite avec netteté et précision.

Il est formé d'un cadre de bois sur les deux faces duquel sont collées deux feuilles de placage de frêne. L'intervalle est rempli de poudre de coke, convenablement choisie et tamisée très-fine. Le coke, tout en étant suffisamment conducteur, présente très-peu de densité, ce qui permet de l'utiliser avec des plaques de bois très-minces. C'est à cela que j'attribue la délicatesse avec laquelle les moindres nuances de prononciation se trouvent reproduites. Au milieu de chacune des feuilles de placage est enchâssé un contact de charbon de cornue. Les faces de ces charbons sont à l'intérieur de l'appareil, à 2 ou 3 millimètres de distance l'un de l'autre. Une pile, un téléphone récepteur et l'électrophone forment un circuit. C'est devant l'une des faces de l'électrophone que l'on parle.

En télégraphie cet appareil pourrait rendre de grands services, parce qu'il ne comporte pas de réglage : il est toujours prêt à fonctionner.

. . . .

Veuillez, etc. Bourseul.

Graduation des galvanomètres; par M. Aymonnet.

Pour graduer un galvanomètre, j'emploie une méthode fondée sur les propriétés des substances diathermanes. A cet effet, je laisse arriver à travers une lentille, sur la pile ayant une position déter-

minée, les radiations émanant d'une source. La pile recevra une quantité de chaleur Q; la déviation correspondante sera A. Interposons entre la lentille et son foyer un corps diathermane : la quantité de chaleur reçue par la pile sera q et la déviation correspondante a.

Si l'on néglige l'absorption due à l'air situé entre la pile et le corps diathermane, sur le passage du rayonnement, on aura toujours, quelle que soit la position de la pile, $\frac{q}{Q} = k$, k étant le coefficient de transmissibilité du corps diathermane; et, si les déviations galvanométriques A et a sont proportionnelles à Q et q, on aura également $\frac{a}{A} = k$.

Or, on sait que cette proportionnalité n'existe qu'autant que les déviations sont comprises entre deux limites angulaires M et M'. Pour trouver des déviations voisines de ces deux limites, employons un corps diathermane dont le coefficient k est voisin de 1, par exemple une lame de verre, si notre lentille est de crown, et donnons à la pile des positions 1, 2, 3, 4, ..., telles que les déviations soient $A_1, A_2, A_3, A_4, \ldots, A_n, A_{n+i}$ sans l'interposition de la lame, et $a_1, a_2, a_3, a_4, \ldots, a_n, a_{n+i}$ lors de son interposition; A_1 étant très-près de 1° et plus petit que A_2, $A_2 < A_3$, etc.; a_2 étant compris entre a_1 et A_1, a_3 entre a_3 et $A_2, \ldots$; prenons les rapports $\frac{A_1}{a_1}, \frac{A_2}{a_2}, \ldots,$ jusqu'à ce que nous en trouvions une série $\frac{A_n}{a_n}, \frac{A_{n+1}}{a_{n+1}}, \ldots, \frac{A_{n+i}}{a_{n+i}}$, dont les termes diffèrent très-peu l'un de l'autre. La moyenne de ces derniers rapports sera très-voisine de $\frac{1}{k}$; les quantités a_n et A_{n+i} seront proches des limites M et M', et les déviations intermédiaires représenteront les intensités calorifiques qui les produisent.

A_{n-1} étant compris entre a_n et A_n, pour avoir la mesure de a_{n-1}, il suffira de diviser A_{n-1} par $\frac{1}{k}$; l'erreur que l'on commettra sur la détermination de l'intensité correspondante à a_{n-1} sera plus petite que l'erreur de lecture commise sur A_{n-1}. Par une proportion, on trouve l'intensité correspondante à A_{n-2}, puis à l'aide de cette inten-

sité et de $\frac{1}{k}$ on détermine la mesure de a_{n-2}, etc., jusqu'à ce qu'on ait trouvé les intensités correspondantes à A_1 et a_1.

Pour trouver la mesure des déviations supérieures à A_{n+i}, nous prenons un corps moins diathermane que le précédent, ayant un coefficient de transmissibilité k' tel que $\frac{1}{k'}$ soit compris entre 2 et 4. Nous déterminons $\frac{1}{k'}$ à l'aide de deux déviations $A'_{n'}$ et $a'_{n'}$ comprises entre a_1 et A_{n+i}; et, enfin, pour avoir la mesure de $A'_m > A_{n+i}$, nous multiplions par $\frac{1}{k'}$, a'_m, que nous supposons $< A_{n+i}$.

Le tableau des déviations et des intensités correspondantes étant dressé, nous en construisons la courbe et notre galvanomètre est calibré pour la mesure des quantités de chaleur reçues par la pile. Pour vérifier ce calibrage, il suffit de le faire à nouveau avec des corps diathermanes différents. Je me suis servi pour cela de lames de verre et d'auges remplies de benzine ou d'alcool.

Lorsqu'on a un galvanomètre à fil fin, ordinaire et bien construit, on trouve, si l'aiguille supérieure est très-rapprochée du disque de cuivre, que l'intervalle compris entre M et M' est d'autant plus petit et plus éloigné du zéro, que la distance de l'aiguille supérieure au disque de cuivre est plus petite. Pour une distance de $0^{mm},4$, $M = 10^o$, $M' = 15^o$; dans ce cas, entre zéro et 10°, la proportionnalité n'existe pas. Le Tableau suivant donne, pour différentes distances, les intensités correspondant aux déviations comprises entre 0° et 10° :

	Déviation.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distances.	Intensités.									
mm 0,4....	1	2,1	3,4	4,5	5,55	6,5	7,4	8,15	9,05	10
0,6....	1	2,10	3,4	4,5	5,50	6,5	7,3	8,05	9,00	10
1,5....	1	2,05	3,1	4,12	5,15	6,12	7,05	8,0	9,00	10
2......	1	2,00	3,0	4,00	5,00	6,00	7,00	8,0	9,00	10

Cette non-proportionnalité entre les déviations et les intensités a pour cause et la fente pratiquée dans la bobine et le disque de

cuivre, et les paquets de fil formés dans le voisinage de cette fente.

En élevant l'aiguille, on rend les actions élémentaires des spires de fil, de plus en plus faibles par rapport à l'action totale. Le fil du galvanomètre que j'ai gradué a un diamètre compris entre $0^{mm},3$ et $0^{mm},4$.

En élevant l'aiguille de 2^{mm} au-dessus du disque de cuivre, on a la proportionnalité entre zéro et 12°, et la sensibilité du galvanomètre n'est pas diminuée. Lorsque le galvanomètre est à fil dépassant 1^{mm}, l'aiguille doit être soulevée encore plus pour avoir la proportionnalité à partir de zéro. Dans ce cas, lorsque la distance de l'aiguille supérieure au disque de cuivre est de 2^{mm}, la courbe des rapports $\frac{A}{a}$ est très-sinueuse.

Afin de voir si une Table de graduation, faite pour mesurer les quantités de chaleur tombant sur la pile, peut servir à mesurer des intensités de courant, j'ai placé la pile dans une position fixe, de telle sorte que Q et q fussent constants et, par suite, donnassent naissance à des forces électromotrices constantes; puis j'ai gradué le galvanomètre d'une manière analogue à la précédente, en établissant entre les deux bornes du galvanomètre un fil de dérivation de plus en plus long. J'ai trouvé pour différentes positions de l'aiguille entre zéro et 30° les mêmes Tables que précédemment; entre 30° et 40°, les écarts d'intensité atteignaient au maximum 0°,4; on peut attribuer ces divergences aux erreurs de lecture.

Cette concordance entre les deux ordres de Tableaux vérifie en même temps la proportionnalité entre les quantités de chaleur reçues par la pile et les intensités des courants qu'elles produisent, lorsque la température de l'enceinte n'éprouve des variations que de 2° à 5°.

Sur le pouvoir rotatoire du quartz et sa variation avec la température; par M. J. Joubert.

On ne connaît guère que pour les températures inférieures à 100° l'influence de la chaleur sur les propriétés optiques des corps

transparents. Je me suis proposé de pousser cette étude jusqu'à ses dernières limites, c'est-à-dire jusqu'au point où le corps soumis à l'expérience change nécessairement d'état. La difficulté était d'obtenir de bonnes images à ces températures élevées. L'expérience m'a montré que, pour y réussir, il suffit d'opérer à température constante et dans l'air raréfié : on peut alors reproduire les phénomènes les plus délicats de l'Optique avec autant de perfection qu'à la température ordinaire.

Je donnerai dans cette Note les résultats relatifs au pouvoir rotatoire du quartz.

Ce pouvoir varie avec la température. Sa variation entre 0 et 100° a été déjà mesurée par M. Fizeau [1] avec la lumière jaune de la soude, par M. V. de Lang [2] avec celles du lithium, du sodium et du thallium, pour lesquelles il a trouvé le même coefficient de variation; enfin, tout récemment, M. Sohncke [3] a donné la courbe des variations entre 0 et 100° pour le quartz et le chlorate de soude. Entre ces limites, mes nombres coïncident avec ceux de ces deux derniers physiciens; mais mes expériences s'étendent beaucoup plus loin et vont de — 20° à 1500° environ.

Le quartz est placé dans un tube de verre ou de porcelaine (*fig.* 1), suivant les cas, fermé par des glaces à ses extrémités et muni d'une tubulure qui permet d'y faire le vide; et, pour le porter à température constante, j'emploie la vapeur d'un liquide bouillant sous la pression de l'atmosphère. L'étuve est un cylindre en métal, traversé suivant un diamètre par un tube métallique soudé par ses extrémités aux parois du vase. C'est dans ce tube métallique que s'engage le tube de porcelaine, et un peu de lut empêche l'air de circuler dans l'intervalle des deux tubes. Le cylindre est installé dans un fourneau convenable; un tube de plomb de petit diamètre, traversé par un courant d'eau froide, s'enroule de chaque côté autour du tube et empêche l'échauffement des extrémités; enfin

---

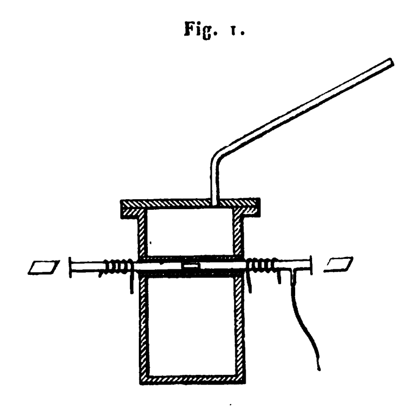
(1) Fizeau, *Recherches sur la dilatation et la double réfraction du cristal de roche* (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. II, p. 176).

(2) V. de Lang, *Ueber die Abhängigkeit der Circularpolarisation des Quartzes von der Temperatur* (*Ann. de Pogg.*, Bd. CLVI, p. 422; 1875).

(3) Sohncke, *Ueber den Einfluss der Temperatur auf das optische Drehvermögen des Quartzes und des Chlorsauren Natrons* (*Ann. der Physik und der Chemie*, neue Folge, Bd. III, p. 516; 1878).

un système d'écrans protége les glaces et les appareils de mesure contre le rayonnement du fourneau. Pour les températures moyennes (alcool, 78°,26; eau, 100°; aniline, 183°,5), l'étuve était en cuivre rouge et munie d'un réfrigérant Liebig; pour les températures plus élevées (mercure, 360°; soufre, 448°; cadmium, 840°), elle est en fer forgé. C'est une bouteille à mercure, coupée à la partie supérieure et munie d'un couvercle avec un tube qui s'élève obliquement (¹). Ici le réfrigérant est inutile; l'action de l'air suffit pour condenser les vapeurs; celles-ci retombent dans

Fig. 1.



la cornue à l'état liquide, sans qu'il y ait danger d'obstruction. Avec le cadmium, le tube devient rouge sur une longueur de $0^m,30$ à $0^m,40$.

Pour les températures supérieures au point d'ébullition du cadmium, j'ai eu recours à l'obligeance de M. Deville, qui a bien voulu mettre à ma disposition un fourneau chauffé aux huiles lourdes de pétrole, lequel m'a permis de porter le quartz jusqu'à la température du ramollissement de la porcelaine.

Le quartz, étant très-mauvais conducteur, demande à être chauffé avec beaucoup de précaution : toute variation un peu brusque de température le fait éclater. J'ajoute qu'aux températures les plus élevées il garde une transparence parfaite, tout en présentant un

---

(¹) Ce dispositif est celui qui est employé par MM. Deville et Troost, et qu'ils ont décrit dans leur Mémoire sur les densités de vapeur (*Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, t. LVIII, p. 257.)

faible pouvoir émissif. Vu sur un fond noir, il apparaît comme lavé par une teinte rose extrêmement légère.

J'ai employé plusieurs procédés pour mesurer le pouvoir rotatoire, et, en premier lieu, le procédé classique de MM. Fizeau et Foucault. Pour plus de précision, le rayon polarisé dans un plan vertical traversait le prisme avant de tomber sur le quartz. J'ai constaté, par cette méthode, qu'à la température d'ébullition du soufre le rapport des rotations pour les raies C, D et F est le même qu'à la température ordinaire. Il suffit donc d'étudier la variation pour une raie quelconque. La plupart des expériences ont été faites avec la lumière de la soude et le polarimètre de Laurent.

Dans cet appareil, le rayon primitivement polarisé traverse un diaphragme circulaire dont une des moitiés seulement est recouverte par une lame biréfringente parallèle à l'axe, d'une épaisseur d'une demi-onde, et dont l'arête parallèle à la section principale fait un angle très-petit avec le plan de polarisation primitif. Les rayons émanés des deux moitiés du disque sont polarisés dans des plans symétriques par rapport à l'arête, et l'angle qu'ils font entre eux reste constant, quelle que soit ensuite la rotation commune que leur imprime la substance douée de pouvoir rotatoire. Vues à travers un analyseur, les deux moitiés du disque auront des intensités égales toutes les fois que la section principale de l'analyseur coïncidera avec le plan bissecteur des deux plans de polarisation. Ce procédé est très-précis, et, avec le mode d'éclairage adopté par M. Laurent, sa précision absolue est à peu près indépendante de la rotation observée. Les lectures d'un même angle diffèrent rarement de plus de 1'.

Les expériences ont porté sur dix échantillons de quartz, de provenances différentes, les uns droits, les autres gauches, et dont l'épaisseur variait de $0^m,015$ à $0^m,040$. On s'était assuré, par les procédés connus, de la pureté des échantillons, du parallélisme des faces et de leur exacte perpendicularité à l'axe. La plus grande difficulté des expériences est dans le réglage des appareils : il faut que le rayon de lumière traverse le quartz exactement suivant son axe; la moindre déviation entraîne des erreurs considérables. J'ai essayé plusieurs procédés de vérification : l'un d'eux, très-exact, était, avec une légère modification, nécessitée par la disposition des appareils, le procédé qui permet de reconnaître avec l'appareil

de Nörremberg et les spirales d'Airy si un quartz est perpendiculaire à l'axe; celui auquel je me suis arrêté, et qui, plus simple, est tout aussi exact quand on s'est assuré, au préalable, que la face du cristal est bien perpendiculaire à l'axe, est de vérifier que le rayon tombe normalement à la face d'entrée. Il suffit pour cela, la lunette d'observation étant réglée pour l'infini, d'amener les images du réticule données par les deux faces du cristal à coïncider avec le réticule lui-même; il n'y a plus alors qu'à changer le point de la lunette et amener le centre du diaphragme que l'on vise à coïncider avec le centre du réticule. J'ai reconnu, par de nombreuses expériences, que tous les échantillons de quartz présentent une identité parfaite au point de vue du pouvoir rotatoire à toute température, et qu'un même échantillon, porté aux plus hautes températures, reprend, après refroidissement, son pouvoir primitif (1).

De — 20° à 1500°, le pouvoir rotatoire du quartz augmente d'une manière continue avec la température. L'effet observé est la résultante de deux autres : l'augmentation due à l'accroissement de l'épaisseur du cristal par le fait de la dilatation, et l'augmentation due à l'accroissement du pouvoir rotatoire lui-même. Ce dernier effet est environ vingt fois plus grand que le premier, tout au moins entre 0 et 100°, les seules limites dans lesquelles on connaisse la dilatation du quartz. Il serait intéressant de connaître cette dilatation jusqu'aux plus hautes températures; je m'occupe en ce moment de cette détermination.

La courbe des variations du pouvoir rotatoire du quartz avec la température présente quelques particularités remarquables. Entre — 20° et 100°, elle est très-exactement représentée par la formule

$$\rho = \rho_0 (1 + 0,0001463 24\, t + 0,000000 0329\, t^2);$$

son coefficient angulaire croît jusqu'à 300°; de cette température à celle de l'ébullition du cadmium il reste sensiblement constant, et la courbe se confond presque avec une ligne droite, en présentant un point d'inflexion vers 100°. Au delà de 840°, à 1000° en-

(1) Un quartz qui avait une légère teinte brune est devenu tout à fait incolore après quelques heures d'exposition à une température d'environ 1500°; il n'y a eu aucune modification dans la valeur de son pouvoir rotatoire.

viron, la courbe change brusquement d'allure ; le pouvoir rotatoire, qui variait si rapidement, ne croît plus, jusqu'à 1500°, qu'avec une lenteur extrême. On ne peut manquer d'être frappé de l'analogie de cette courbe avec celle qui représente l'intensité d'aimantation du fer doux en fonction de l'intensité du courant, et il est évident qu'on pourra la représenter également par un arc dont la tangente est une fonction de la température. Si je n'ai pas encore fait ce calcul, c'est que je désirerais déterminer quelques autres points de la courbe, ainsi un point à une température très-basse, quelques autres entre le point d'ébullition du soufre et celui du cadmium, enfin quelques points au delà de cette dernière température.

Voici, d'ailleurs, quelques nombres qui compléteront, en les précisant, les indications qui précèdent :

Températures.	Pouvoir rotatoire de 1mm de quartz.	Coefficient moyen à partir de zéro.	Rotation d'un quartz de 46mm environ.
°			°
— 20	21,599	»	997,3
0	21,658	»	1000,0
100	21,982	0,000149	1014,9
350	23,040	0,000182	1063,8
448	23,464	0,000186	1083,4
840	25,259	0,000190	1166,2
...	......	....	......
1500?	25,420	»	1173,7

La dernière colonne montre que, pour l'épaisseur de quartz qui donnerait une rotation de 1000° à 0, l'augmentation de 300 à 900° C. est d'environ 20°,5 C. par 100, soit 12' par degré C.; comme on saisit une variation de 1', le $\frac{1}{10}$ de degré C. à ces températures élevées devient une quantité appréciable. Un quartz de 0^m,005 d'épaisseur suffirait pour donner le degré.

Le quartz, par son pouvoir rotatoire, constitue donc un thermomètre d'une sensibilité extrême, satisfaisant d'ailleurs à la condition essentielle de tout thermomètre, la comparabilité. Au delà de 1000°, la sensibilité ne serait plus suffisante ; mais, jusqu'à cette température, je crois que le nouvel instrument peut rendre de très-grands services. Son volume peut être réduit à de très-petites dimensions (1), et, l'appareil une fois installé, il suffit, pour avoir

(1) Dans des recherches en cours d'exécution, je me sers, comme thermomètre, d'un

une température, de la simple lecture d'un angle et de l'emploi d'une Table calculée une fois pour toutes : il devient alors, pour la simplicité de son emploi et la sûreté de ses indications, un instrument comparable au thermomètre à mercure.

Note sur l'étude du pouvoir rotatoire du quartz à diverses températures; par M. D. Gernez.

L'augmentation du pouvoir rotatoire du quartz avec la température, signalée pour la première fois par M. Dubrunfaut et étudiée par divers physiciens, a été récemment l'objet d'un travail nouveau dont M. Joubert a fait connaître les premiers résultats. J'avais commencé, il y a plusieurs années, l'étude de cette question, après que j'eus reconnu que le pouvoir rotatoire des substances actives varie considérablement avec la température, mais que la loi de dispersion des plans de polarisation des diverses radiations lumineuses qui traversent ces substances reste la même à toutes températures, que le corps soit liquide ou qu'il soit réduit en vapeurs. Les ressources dont je disposais ne m'ont pas permis de terminer cette étude, et je n'en parlerais pas si le procédé d'investigation dont je me suis servi, différent de celui qu'ont employé les autres physiciens, y compris M. Joubert, n'éliminait la plupart des difficultés que présentent ces recherches et ne les rendait susceptibles d'une plus grande précision.

Pour mesurer le pouvoir rotatoire d'une plaque de quartz, il est indispensable de l'orienter de façon à la faire traverser par le rayon lumineux suivant l'axe du cristal; or, le quartz introduit au sein d'un foyer n'est pas facilement accessible.

D'un autre côté, les variations du pouvoir rotatoire avec la température sont relativement faibles (d'environ un tiers de degré par millimètre pour une variation de température de 100°); il faut donc, pour que l'augmentation de la rotation soit une quantité

---

petit quartz de 8^{mm} de diamètre et 15^{mm} de longueur. Pour éviter les variations trop brusques de température, je le place dans un cylindre de cuivre rouge un peu épais qui fait l'office de régulateur.

très-grande relativement aux erreurs expérimentales, que l'épaisseur de la lame de quartz dépasse 1^c, et, dans ce cas, la rotation a une valeur absolue considérable. La détermination d'une telle rotation n'est plus alors susceptible d'une grande précision : en effet, si l'on mesure pour les diverses radiations les rotations du plan de polarisation par la méthode de MM. Fizeau et Foucault, les bandes que l'on aperçoit dans le champ de la lunette sont très-serrées, et il faut tourner l'analyseur d'un angle très-grand pour déplacer d'une quantité très-petite la bande que l'on veut amener sous le fil du réticule. Si l'on ne cherche que la valeur de la rotation pour une radiation déterminée, celle de la soude, par exemple, on constate que, pour peu que la flamme de la soude soit intense, elle n'est plus homogène et le mouvement de l'analyseur fait apparaître une image colorée.

Voici comment j'ai remédié facilement à ces deux inconvénients. J'ai fait tailler, par M. Soleil, deux quartz perpendiculaires à l'axe, d'égale épaisseur, mais de rotations contraires, dont l'ensemble produit sur la lumière polarisée une rotation nulle. Je les ajuste aux deux extrémités d'un tube, et je les oriente de façon que leurs axes se confondent, ce qui se fait sans difficultés, et je les fixe dans cette position. J'introduis l'un d'eux au sein du foyer à température élevée, l'autre étant maintenu au dehors à une température invariable; de cette manière, l'orientation du cristal chauffé est très-facile, puisque le cristal extérieur, solidaire du premier, est accessible.

La source calorifique étant depuis longtemps en pleine activité, à cause de la mauvaise conductibilité du quartz, si l'on fait traverser le système par un rayon de lumière polarisée, on observe que la rotation du plan de polarisation, nulle avant l'action du foyer, prend une valeur qui est simplement l'effet de l'augmentation du pouvoir rotatoire du cristal chauffé. La rotation que l'on constate est, en valeur absolue, peu considérable; elle est évidemment la même que la variation angulaire observée dans les expériences de M. Joubert, mais elle peut être mesurée avec une grande précision.

Considérons, par exemple, une plaque de quartz dont l'épaisseur soit de 1^c; elle produira sur les rayons correspondant à la raie C une rotation dont la valeur absolue sera, à la température

ordinaire, de 173°,5, et sur les rayons correspondant à la raie G une rotation de 426°,9; il faudra donc tourner l'analyseur de 426°,9 — 173°,5 ou de 253°,4 pour faire parcourir à la bande noire que l'on considère l'espace compris sur le spectre entre les deux raies C et G; par suite, le pointé sera très-incertain. Or, les variations de ces rotations pour une élévation de température de 100° seront environ de 3° pour la rotation relative à la raie C et de 7° pour la rotation relative à la raie G, de sorte que l'on aura, si l'on opère comme M. Joubert, à mesurer, après l'échauffement, des rotations de 176°,5 et de 434° environ, et les quantités qu'il importe réellement de connaître avec une grande précision, c'est-à-dire les rotations 3° et 7°, ne seront connues qu'avec l'approximation très-insuffisante de la mesure des rotations de 176°,5 et 434°.

En se servant, au contraire, des deux quartz opposés, dont un seul est chauffé, les rotations que l'on mesure pour les diverses raies du spectre sont précisément les variations déterminées par l'élévation de la température, c'est-à-dire, dans le cas considéré, les angles de 3° et de 7°; ainsi, pour une rotation de l'analyseur de 7° — 3° ou de 4°, la bande noire franchira l'espace compris dans le spectre entre les raies C et G, et l'on pourra mesurer les rotations avec une erreur de $\frac{1}{100}$ seulement de leur valeur, si l'on prend les précautions que j'ai indiquées dans un Mémoire publié dans les *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 1re série, t. I, p. 17.

ALLOCUTION DE M. BLAVIER,

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

(SÉANCE DU 3 JANVIER 1879).

Permettez-moi de vous exprimer ma reconnaissance pour l'honneur que vous avez bien voulu me faire en me confiant la présidence de notre Société pendant l'année qui vient de s'écouler. Cet honneur, du reste, je me hâte de le reconnaître, s'adressait moins à moi qu'à l'ensemble de mes camarades et collègues de l'Administration des lignes télégraphiques, qui font en assez grand nombre partie de la Société de Physique.

Au commencement de l'année dernière, nous avons eu la douleur de perdre trois illustres savants, membres honoraires tous les trois de notre Société, MM. Becquerel, Regnault et le P. Secchi, dont les travaux sont trop connus et les noms trop célèbres pour que j'aie à rappeler, dans une réunion de physiciens, les titres qu'ils ont au souvenir et à la reconnaissance du monde savant.

Malgré ces pertes cruelles, notre Société a continué à prospérer à tous les points de vue.

Le nombre de ses membres s'est notablement accru, et à chaque réunion nous sommes appelés à voter sur l'admission de nouveaux collègues.

Nos séances sont suivies avec une assiduité qui nous fait parfois regretter que la salle où elles se tiennent ne soit pas plus vaste, ce qui prouve tout l'intérêt des Communications qui nous sont faites. C'est que, en effet, dans l'histoire de la Physique, on ne trouve aucune époque comparable à l'époque actuelle par l'importance et la diversité des découvertes.

La lumière électrique, qui n'était utilisée que dans des circonstances exceptionnelles, éclaire aujourd'hui, grâce aux bougies Jablochkoff, nos rues principales et nos grands magasins.

Un certain nombre de gaz avaient résisté jusqu'ici à tous les efforts tentés pour les liquéfier. MM. Cailletet et Raoul Pictet les ont tous fait rentrer dans la loi commune et sont même parvenus à montrer l'hydrogène à l'état solide.

Le téléphone, cette merveilleuse invention de Bell, à laquelle l'esprit se refusait de croire, qui transmet la parole à toute distance par un conducteur télégraphique, est actuellement dans toutes les mains.

Les microphones de Hughes et d'Edison ont ouvert un nouveau champ d'expériences aux chercheurs, qui les ont déjà appliqués à l'étude des phénomènes les plus délicats.

Enfin, le phonographe d'Edison, même en admettant qu'il ne trouve pas un emploi dans la pratique journalière, nous a montré la réalisation d'un problème cherché depuis longtemps et qui paraissait insoluble : la reproduction et l'enregistrement de la voix humaine.

Toutes ces découvertes, qui rendront l'année 1878 mémorable dans les annales de la Science, montrent que nous sommes encore loin de la limite que peut atteindre le génie humain.

L'Exposition universelle nous a fourni l'occasion de resserrer les liens de confraternité qui nous unissent aux savants de tous les pays, et, pour ma part, je conserverai toujours le souvenir d'avoir siégé à côté de MM. William Thomson et Broch.

La Société de Physique se trouve donc dans une situation des plus prospères; il lui reste cependant un progrès à réaliser. Ce progrès, indiqué l'an dernier par mon prédécesseur, consiste à obtenir du Gouvernement une déclaration d'utilité publique. C'est à cette condition qu'elle sera établie sur des bases solides, qu'elle pourra recevoir des dotations et avoir un budget qui lui permette de consacrer des fonds à l'avancement de la Science.

Notre Secrétaire général, toujours si dévoué aux intérêts de la Société qu'il a contribué à fonder, a pris des renseignements desquels il résulte qu'une Société obtient facilement la reconnaissance d'utilité publique si elle compte un nombre assez grand de membres à vie. La liste que nous avons à présenter ne suffit pas pour qu'une démarche officielle aboutisse avec certitude. Permettez-moi d'appeler sur ce point votre attention et d'espérer que l'obstacle que je signale sera bientôt levé.

Il ne me reste plus, Messieurs, qu'à vous remercier une dernière fois de votre bienveillant concours et à remettre la présidence à mon illustre successeur, M. Berthelot.

CATALOGUE

DE LA

BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences (1874 à 1878), in-4°.

Annales de Physique et de Chimie (1873 à 1878), in-8°.

Annales de l'École Normale supérieure (2e série, 1873 à 1878), in-4°.

Annales télégraphiques (3e série, 1874 à 1878), in-8°.

Bulletin mensuel de l'Observatoire de Montsouris, publié par M. *Marié-Davy* (1874 à 1877), in-4°.

Bulletin de la Société des Ingénieurs civils (1874 à 1878), in-8°.

Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils (1874 à 1878), in-8°.

Annuaire météorologique et agricole de l'Observatoire de Montsouris (1873 à 1878), in-18.

L'Aéronaute (juillet 1877 à décembre 1878), in-8°.

Société de Biologie (1869 à 1872), in-8°.

Annuaire de la Société d'Encouragement (1877).

Comité météorologique de l'Ouest méditerranéen (Bulletin du département de l'Hérault, 1874 à 1877), in-4°.

Proceeding's of the Royal Society (t. XXIII, nos 156 à 159; t. XXIV à XXVI, nos 164 à 183, 24 liv.), in-8°.

Philosophical Magazine (1873 à 1878), in-8°.

Annales de Poggendorff (1873 à 1878), in-8°.

Bulletin de la Société de Physique de Saint-Pétersbourg (1875, depuis le n° 5, à 1878), in-8°.

Journal of the Society of Telegraph Engineers (1872 à 1877), in-8°.

The Physical Society of London. Proceedings (mars 1874 à juin 1878), in-8°.

Fortschritte der Physik (1845 à 1873, t. I à XXIX), in-8°, table des t. I à XX.

Bullettino Meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano (1877 à 1878), in-4°.

Rivistà scientifico-industriale, compilata per M. *G. Vimercati*, anno V (janvier à mai 1873).

Crónica Cientifica Barcelonè (1878, t. I), in-8°.

Œuvres complètes d'Augustin Fresnel, publiées par MM. *Henri de Senarmont*, *Émile Verdet* et *Léonor Fresnel*, 3 vol. in-4°, 1861.

Œuvres de E. Verdet, publiées par les soins de ses élèves, 9 vol. in-4°, 1869.

Œuvres de L. Foucault, 1 vol. avec planches (1878).

Bulletin trimestriel des publications de la librairie Gauthier-Villars (t. III et IV, trim. 1877, t. I et II, trim. 1878).

Le sucre ; par M. *Dubrunfaut*, 2 vol. in-8°.

Musée de Kensington. Handboock to the special Loan Collection of Scientific apparatus, 1 vol. in-8° (1876).

Catalogue of the special Loan Collection of Scientific apparatus at the south Kensington-Museum.

Notice sur Flachat; par M. *Malo*, 1 vol. in-8°.

Discours aux funérailles de M. Regnault; par M. *Jamin* (extr. des *Compt. rendus*).

Notice sur le R. V. Secchi ; par MM. *Ferrari* (*S.*) et *Marchetti*, br. in-4°.

Notice historique sur le système métrique, sur ses développements et sur sa propagation (extrait des *Ann. du Conserv. des Arts et Métiers*) ; par M. le Général *Morin*, in-8°.

Commission internationale du mètre. Procès-verbaux et Séances (1869-1874), 9 broch. in-8°.

Description d'un Laromètre-balance enregistreur ; par M. *Crova*, br. in-4°.

Congrès international des sciences géographiques ; 2e session (Paris, 1875) ; Origine et historique du Congrès, broch. in-8°.

Étude sur le mécanisme et la marche des chronomètres ; par M. *E. Caspari*, br. in-8°.

Recherches expérimentales sur l'élasticité des gaz ; par M. *Mendeleeff* (russe, 1875), in-4°.

Sur la vessie natatoire au point de vue de la station et de la locomotion ; par M. *A. Moreau.*

Étude sur l'entraînement de l'air par un jet d'air ou de vapeur (extrait des *Comptes rendus* et des *Mondes*) ; par M. *F. de Romilly*, br. in-8°.

Nuovo apparato per dimostrare l'eguaglianza della rapidità di caduta di corpi gravi leggieri ; par M. *F. Cecchi*, br. in-8°.

Sur l'invention de quelques étalons naturels de mesure ; par M. *G. Govi*, br. in-8°.

Intorno a un congegno per dimostrare varii fenomeni di meccanica molecolare ; par M. *G. Govi*, br. in-8°.

Observation sur le langage mathématique et sur l'enseignement du calcul ; par M. *V. Tilmant*, br. in-8°.

Réforme analytique de la règle de trois ou règle d'or et Notions d'analyses mathématiques d'après Descartes, Pascal et Arnauld ; par M. *V. Tilmant*, br. in-8°.

Statistique des volumes des équivalents chimiques et d'autres données relatives à leurs propriétés physiques. — Mémoire sur quelques questions moléculaires ; par M. *G. West*, 1 vol. in-4°.

Mémoire sur la mesure de la chaleur ; par M. *G. West*, br. in-4°.

Mémoire sur l'emploi mécanique de la chaleur ; par M. *G. West*, br. in-4°.

Notice sur le gazhydromètre Maumené ; par M. *Maumené*, br. in-4°.

Intorno di alcune opere idrauliche antiche rinvenute nella campagna di Roma; par le P. *Secchi*, br. in-4°.

Ricerche fisico-chimiche sui differenti stati allotropici dell'idrogeno; par M. *Donato Tommasi*, br. in-8°.

Intorno ad un nuovo apparato per la trasmissione della forza avuto speciale riguardo alla forza motrice dell'acqua; par M. *Antonio Favaro*, br. in-8°.

Notes chimiques et chimico-physiques; par M. *Melsens*, br. in-8°.

Recherches sur la capillarité dynamique; par M. *Decharme*, 3 br. in-8°.

Mémoire sur la gravitation, sur la cohésion et sur les distances entre les centres des molécules; par M. *G. West*, br. in-4°.

Vitesse du flux thermique dans une barre de fer; par M. *Decharme*, br. in-8°.

Mémoire sur la transformation et l'équivalence des forces chimiques; par M. *P.-A. Favre*, in-4°.

Conductibilité de la chaleur dans les minéraux; par M. *Ed. Jannettaz*, in-8°.

Question température (concours 1872); par M. *Melsens*.

La chaleur solaire et ses applications industrielles; par M. *Mouchot*, 1 vol. in-8°.

Experiments on the heat conduction in stone based on Fourier's, « Théorie de la chaleur (2e Partie) »; par *Ayrton* et *John Perry* (Iokohama, 1875), in-8°.

Étude sur la température d'ébullition des spiritueux et sur le dosage de l'alcool au moyen de l'ébullioscope; par M. *J. Salleron*, br. in-8°.

Le moteur hydrothermique; par M. *F. Tommasi*, br. in-8°.

Sull' Azione della cosi detta Forza catalitica spiegata secondo la theoria termodinamica; par M. *Donato Tommasi*, br. in-8°.

Di un nuovo termometro a gaz a massima e minima, e registratore; par M. *G. Govi*, br. in-8°.

Correzione dei coefficienti nella formola per calcolare le dilatazioni assolute del mercurio; par M. *G. Govi*, br. in-8°.

Application du courant électrique aux recherches de l'état sphéroïdal (en russe); par M. *Hesehus*, br. in-8°.

Il termometro e il barometro della Loggia dell'orgagna in Firenze; par M. *F. Cecchi*, br. in-8°.

Il termometro della Loggia dell'orgagna in Firenze; par M. *F. Cecchi*, br. in-8°.

Piccolo motore a vapore e lampada-bilancia; par M. *Sebastiano Zavaglia*, br. in-8°.

Barometro a peso manometro regolatore e fornello a petrolio; par M. *Sebastiano Zavaglia*, br. in-8°.

Intorno alla prima idea delle caldaie tubolari; par M. *G. Vimercati*, br. in-8°.

Qualités sonores comparatives des métaux, du bois, des pierres; par M. *Decharme*.

Sur les vibrations transversales des fils et des lames d'une faible épaisseur (extrait des *Annales de l'École Normale*); par M. *Gripon*, br. in-8°.

De l'influence d'une membrane vibrante sur les vibrations d'une colonne d'air; par M. *Gripon*, br. in-4°.

Quelques expériences que l'on peut faire à l'aide d'un diapason; par M. *Gripon*, br. in-8°.

Sur la détonation des mélanges gazeux; par M. *M. Neyreneuf*, in-8°.

Étude théorique et expérimentale sur les plaques et membranes de forme elliptique; par M. *A. Barthélemy*, br. in-8°.

Le son et la musique, *suivi* des causes physiologiques de l'harmonie musicale. de M. *H. Helmholtz*, par M. *P. Blaserna*, 1 vol. in-8° relié.

Théorie élémentaire du potentiel; par M. *Abria*, in-8°.

Sifflet électro-automoteur pour locomotives, adopté au chemin de fer du Nord, et autres applications industrielles de l'électro-aimant Hughes; par MM. *Lartigue* et *Forest*, br. in-4°.

Note sur un système d'appareils électro-sémaphoriques (Block-system); par MM. *Lartigue*, *Tesse* et *Prud'homme*, br. in-4°.

Étude expérimentale sur les phénomènes d'induction électrodynamique (thèse); par M. *Mouton*, in-4°.

Note sur la théorie du téléphone; par M. *Navez*.

Réponse aux Observations de M. du Moncel; par MM. *Navez père* et *fils*.

Discussion sur la théorie du téléphone entre MM. *du Moncel* et *Navez*.

Lettre relative à la Note de MM. Navez père et fils sur la théorie du téléphone; par M. *du Moncel*, br. in-8°.

Du rôle de la Terre dans les transmissions télégraphiques; par M. *Th. du Moncel*, br. in-8°.

Notice sur le coup de foudre de la gare d'Anvers du 10 juillet 1865; par M. *Melsens*, br. in-8°.

Quatrième Note sur les paratonnerres; par M. *Melsens*, br. in-8°.

De l'application du rhé-électromètre aux paratonnerres des télégraphes; par M. *Melsens*, br. in-8°.

Des paratonnerres à pointes, à conducteurs et à raccordements terrestres multiples (Bruxelles, 1877); par M. *Melsens*, 1 vol. in-8.

Note sur un appareil de M. Melsens dit *rhé-électromètre*; par M. *Hervé Mangon*, br. in-4°.

The resistance of galvanometer coils; par MM. *Ayrton* et *John Perry*, br. in-8°.

The resistance of the Electric Light (Ext. de la Soc. de Eng. Teleg.); par MM. *Ayrton* et *John Perry*, br. in-8°.

Note on Electrolytic polarisation (Extrait); par MM. *Ayrton* et *John Perry*, in-8°.

Manuel de télégraphie sous-marine; par M. *A.-L. Ternant*, 1 vol. in-8°, relié.

Conférence à propos de la pose du câble de Barcelone; par M. *A.-L. Ternant*, br. in-8°.

Construction des câbles; par M. *A.-L. Ternant*, br. in-8°.

Télégraphie Duplex; par M. *A.-L. Ternant*, br. in-8°.

Transmission des signaux par les câbles; par M. *A.-L. Ternant*, br. in-8°.

Le siphon enregistreur de sir W. Thomson; par M. *A.-L. Ternant*, br. in-8°.

Réparations des câbles sous-marins; par M. *A.-L. Ternant*, br. in-8°.

Sur la déperdition de l'électricité dans les gaz, par M. *Bobileff* (en russe), br. in-8.

Sur la déperdition de l'électricité sur les conducteurs composés de parties différentes (en russe); par M. *Bobileff*, br. in-8.

Résistance galvanique des charbons sous diverses températures (en russe); par M. *Bergman*, br. in-8°.

Sur une application de l'éclairage électrique faite à la filature du Champ-du-l'in; par M. *Grosseteste*, br. in-4°.

Machina dielettrica; par M. *F. Cecchi*, br. in-8°.

Sopra la ripostà del sig. prof. Giovani Cantoni all'osservazioni fatte al suo lavoro sull'elettroforo e la polarizzazione elettrostatica; par M. *Alberto de Eccher*, br. in-8°.

The Electrical properties of Bee's-Wax and lead chloride (Extrait du Philos. Mag.); par M. *Ayrton*, br. in-8°.

Sur l'état électrique dans l'intérieur des bons et des mauvais conducteurs électrisés, par M. *G. Govi*, br. in-8°.

Some electrical experiments, with crystalline selenium; par *Robert Sabine*.

Sui rapporti della pioggia con le pierre dei fiumi, e di un nuovo instrumento per istudiarli di Filicie Matteucci; par M. *G. Govi*, br. in-8°.

Studi sperimentali sul magnetismo temporario e sul permanente; par M. *Glisenti*, br. in-8°.

Delle magneti permanenti e dei vari metodi per ottenerle; par M. *Grisenti*, br. in-8°.

Expériences pratiques de la boussole circulaire faites à bord des navires de l'État et de la marine marchande (6[e], 7[e] et 8[e] édit.); par M. *Duchemin*, 3 broch. in-4°.

Mesure de l'intensité calorifique de la radiation solaire en 1874; par M. *Crova*, br. in-4°.

Le photomètre électrique (en russe); par M. *Egoroff*, br. in-8°.

Emploi des lames de collodion dans les expériences d'optique; par M. *Gripon*, br. in-8°.

Rapport sur la construction des appareils photométriques de MM. Dumas et Regnault et en particulier sur une balance à marteau automatique de M. Deleuil; par M. *Le Blanc (Félix)*, br. in-4°.

Détermination de la vitesse de la lumière d'après les expériences exécutées en 1874 entre l'Observatoire et Montlhéry; par M. *Cornu*, 1 vol. in-4°.

Recherches sur la persistance des actions sur la rétine; par M. *Melsens*, br. in-8°.

Les prismes polarisateurs (en russe); par M. *Bobileff*, br. in-4°.

Les spectres de la chlorophylle; par M. *Chautard*, br. in-8°.

Una Lettra inedita del principe Leopoldo de Medici; par M. *Govi.*

Di alcune nuove camere lucide; par M. *Govi*, br. in-4°.

Intorno agli specchi magici dei Cineti; par M. *Govi.*

Nuove esperienze sugli specchi magici dei Cineti; par M. *Govi.*

Illusions astronomiques; par M. *Schwedoff*, br. in-8°.

Azione dei raggi solari sui composti alcidi d'argento; par M. *Donato Tommasi*, br. in-8°.

Météorologie nautique ; vents et courants (1874) ; par MM. *Ploix* et *Caspari*, br. in-4°.

Température et composition des eaux de la Méditerranée ; par M. *A.-L. Ternant*, br. in-18.

Sulla pioggia osservata al Collegio Romano dal 1825 al 1874 ; par le P. *Secchi*, br. in-4°.

Prodromo di un catalogo fisico delle stelle colorate; par le P. *Secchi*, br. in-4°.

Sulla supposta origine cosmica delle aurore polari ; par M. *Govi*, opusc. in-18.

Meteorologica Romana; par M. *Ferrari* (*G.-St.*), br. in-4°.

Note sur l'organisation des études météorologiques en France; par M. *Goulier*, br. in-8°.

Observations météorologiques faites à Lille pendant les années 1876-1877; par M. *Meurien*.

INSTRUMENTS REÇUS PAR LA SOCIÉTÉ

PENDANT LES ANNÉES 1877-1878.

Dix éléments Grenet; donnés par M. *Ducretet*.
Lanterne de M. Duboscq; donnée par M. *de Romilly*.
Appareil à projection; donné par M. *Duboscq*.
Lampe d'émailleur; donnée par M. *Wiesnegg*.
Gazomètre en cuivre; donné par M. *Wiesnegg*.
Rhé-électromètre; donné par M. *Melsens*.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

44, RUE DE RENNES, 44.

(1879.)

BUREAU.

MM. Berthelot, *Président.*
Mascart, *Vice-Président.*
D'Almeida, *Secrétaire général.*
Bouty, *Secrétaire.*
Lippmann, *Vice-Secrétaire.*
Niaudet, *Archiviste-Trésorier.*

CONSEIL.

Membres résidants :

D'Arlincourt, 1877.
Fernet.
Marey.
Marié-Davy.

Becquerel (Ed.), 1878.
Cavaillé-Coll.
Joubert.
Mascart.

MM. Bergon, 1879.
Bischoffsheim.
Dumoulin-Froment.
Jamin.

Membres non-résidants :

Alluard (Clermont-Ferrand). 1877.
Crova (Montpellier),
Spottiswoode (Londres).
Terquem (Lille).

Abria (Bordeaux), 1878.
Cailletet (Châtillon-sur-Seine).
Lissajous (Besançon).
Warren de la Rue (Londres).

MM. Lecoq de Boisbaudran (Cognac), 1879.
Violle (Grenoble).
Rossetti (Padoue).
Ternant (Marseille).

MEMBRES HONORAIRES.

Billet, Doyen de la Faculté des Sciences de Dijon.
Broch (O.-J.), Professeur à l'Université de Christiania.
Fizeau (A.-H.-L.), Membre de l'Institut.
Joule (J.-P.), de Manchester.
Stokes (G.-G.), Professeur à l'Université de Cambridge.
Sir William Thomson, F. R. S., Professeur à l'Université de Glasgow.

MEMBRES A VIE (1).

MM. PUYFONTAINE (COMTE DE), 45, boulevard des Batignolles.
D'ALMEIDA, Inspecteur général de l'Université, 31, rue Bonaparte.
WARREN DE LA RUE, 7, Portland place, Londres, W.
BERTHELOT, Membre de l'Institut, 57, boulevard Saint-Michel.
MASCART, Professeur au Collége de France, 80, rue Grenelle Saint-Germain.
PÉROT, Dessinateur et Graveur, 10, rue de Nesles.
NIAUDET, Constructeur d'instruments de précision, 6, rue de Seine.
SALET, Préparateur à la Faculté de Médecine, 120, boul. Saint-Germain.
SPOTTISWOODE (W.), Vice-Président de la Société royale de Londres, 50, Grosvenor-Place (S. W.), Londres.
JAMIN, Membre de l'Institut, 24, rue Soufflot.
GERNEZ, Professeur au Lycée Louis-le-Grand, 17, rue de Médicis.
MAURAT, Professeur au Lycée Saint-Louis, 6, rue Vavin.
DUBOSCQ, Constructeur d'instruments de Physique, 21, rue de l'Odéon.
TULEU, Ingénieur, 17, rue Visconti.
FONTAINE (Hippolyte), 52, rue Saint-Georges.
DUCLOS, Directeur de l'École Normale de Barcelonnette (Basses-Alpes).
BLAVIER, Inspecteur divisionnaire des Télégraphes.
HUGO (Comte Léopold), 94, rue de la Victoire.
BISCHOFFSHEIM (Raphaël, Louis), 34, rue Neuve-des-Mathurins.
POUSSIN (Alexandre), Ingénieur, à Elbeuf.
OLLIVIER (A.), Ingénieur civil, 51, boulevard Beaumarchais.
FERNET, Inspecteur général de l'Université, 93, rue des Feuillantines.
BARDY, Directeur du Laboratoire central des Contributions indirectes, 26, rue Malesherbes.
ANGOT, Professeur au Lycée Fontanes, 82, rue Grenelle-Saint-Germain.
ALVERGNIAT, Constructeur d'instruments de physique, 10, rue de la Sorbonne.
BRION, Professeur au Lycée Saint-Louis, 21, rue de Turin.

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ.

MM.
ABRIA, Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.
ALBAN FOURNIER (le Dr), à Rambervillers (Vosges).

(1) Les Membres résidants ou non résidants sont libérés de toute cotisation moyennant un versement unique de 200 francs. Les sommes versées pour rachat des cotisations sont placées et leur revenu seul pourra être employé aux besoins de la Société. (STATUTS, Art. IV, dernier paragraphe.)

MM.

ALLUARD, Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

ALMEIDA (d'), Inspecteur général de l'Université, 31, rue Bonaparte.

ALVERGNIAT, Constructeur d'instruments de Physique, 10, rue de la Sorbonne.

ANDRÉ (Ch.), Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

ANDREWS, Queen's College, Belfast (Irlande).

ANGOT, Professeur au Lycée Fontanes, 82, rue Grenelle Saint-Germain.

ARCHAMBAULT (J.), Professeur au Lycée Charlemagne, 9, boulevard du Temple.

ARLINCOURT (d'), Ingénieur électricien, 102, rue Neuve-des-Mathurins.

ARNOYE, Professeur au Lycée de Montauban.

AUBRY, Professeur au Collége d'Avallon.

AUBRY, Inspecteur des lignes télégraphiques, à Nancy.

AUGUEZ (Émile), Inspecteur des contributions indirectes, 60, faubourg Saint-Vincent, à Orléans.

AYLMER (John), Ingénieur, 4, rue de Naples.

AYMONNET, Répétiteur à l'École d'agriculture de Grignon.

BAILLE, Répétiteur à l'École Polytechnique, 2, rue de Fleurus.

BARBIER, Ingénieur-chimiste, 9, rue Neuve-Fontaine Saint-Georges.

BARDY, Directeur du laboratoire central de l'Administration des Contributions indirectes, 26, rue Malesherbes.

BARON, Inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques, 64, rue Madame.

BARRAU DE MURATEL (Maurice de), Membre du Conseil général du Tarn, 51, rue de Varenne.

BARTHÉLEMY, Professeur au Lycée de Toulouse.

BAUDOT, Employé des lignes télégraphiques, 73, rue du Cherche-Midi.

BEAU (Henri), ancien Élève de l'École Polytechnique, 34, faubourg Poissonnière.

BÉCLARD, Professeur à la Faculté de Médecine, 65, boulevard Saint-Michel.

BECQUEREL (Ed.), Membre de l'Institut, au Muséum, rue Cuvier, 57.

BECQUEREL (Henri), Élève des Ponts et Chaussées, 10, rue Gay-Lussac.

BEDOS, Professeur au Lycée de Montpellier.

BELLOC, Ingénieur, fabricant de ciment, à l'Isle-sur-le-Serein (Yonne).

BENEVIDES (Francisco da Fonseca), Professeur à l'Institut industriel de Lisbonne (Portugal).

BENOIT, Docteur ès sciences, premier adjoint au Bureau international des Poids et Mesures, au pavillon de Breteuil, Sèvres.

BERGERON, Ingénieur, 75, rue Saint-Lazare.

BERGON, Inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques, 54, rue Madame.

BERTHELOT, Membre de l'Institut, 57, boulevard Saint-Michel.

BERTHEREAU (Édouard), Préfet de la Haute-Saône.

BERTHOLOMEY, Professeur au Collége de Tulle.

BERTIN, Sous-Directeur de l'École Normale, rue d'Ulm, 45.

BERTRAND, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, 9, rue des Saints-Pères.

BÉTHUNE, Préparateur de Physique au Lycée Saint-Louis.

MM.

BEZODIS, Professeur au Lycée Henri IV, 77, boulevard Saint-Michel.
BICHAT, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.
BILLET, Doyen de la Faculté des Sciences de Dijon.
BISCHOFFSHEIM (**Raphaël-Louis**), 34, rue Neuve-des-Mathurins.
BLAVIER, Inspecteur divisionnaire des Télégraphes, 62, rue Nicolo.
BLIN (**Gaston**), Sous-lieutenant d'Infanterie, au 95e de ligne, à Bourges.
BLONDLOT, attaché au Laboratoire des Hautes Études, 15, rue Guy-de-la-Brosse.
BOBILEFF, Docent de Mécanique à l'Université de Saint-Pétersbourg (Russie).
BONAVITA, Professeur au Lycée de Bastia.
BONIOL, Professeur de mathématiques, 123, rue de la Pompe (Passy).
BONTEMPS, Directeur des transmissions, à l'Administration générale des lignes télégraphiques.
BORDET (**Lucien**), ancien Élève de l'École Polytechnique, 121, b. Haussmann.
BORGMAN, Attaché au Laboratoire du Cabinet de Physique de l'Université de St-Pétersbourg (Russie).
BOUCHER, Préfet des Études au Collége Chaptal.
BOUDRÉAUX, Conservateur des collections de Physique à l'École Polytechnique.
BOULANT, Professeur au Lycée d'Alençon.
BOURBOUZE, Préparateur à la Faculté des Sciences, 42, rue Lhomond.
BOURDON, Ingénieur-Mécanicien, 74, rue du Faubourg-du-Temple.
BOURSEUL, Directeur des Postes et Télégraphes, à Cahors.
BOURGET, Recteur de l'Académie d'Aix.
BOUTAN, Inspecteur général de l'Université, 4, rue de l'Odéon.
BOUTET DE MONVEL, Professeur au Lycée Charlemagne, 54, rue de Rivoli.
BOUTY, Professeur au Lycée Saint-Louis, 133, boulevard Saint-Michel.
BRANLY, Professeur à l'Université catholique, 49, rue Gay-Lussac.
BREGUET, Membre de l'Institut, 39, quai de l'Horloge.
BREGUET (**Ant.**), Ancien Élève de l'École Polytechnique, 5, rue de Savoie.
BREWER, fils, Constructeur d'instruments pour les sciences, 43, rue Saint-André-des-Arts.
BRILLOUIN, Préparateur-agrégé au Collége de France.
BRION, Professeur au Lycée Saint-Louis, 21, rue de Turin.
BRIOT, Professeur à la Faculté des Sciences, 1, rue Sainte-Catherine-d'Enfer.
BRISAC, Ingénieur de l'éclairage à la Compagnie Parisienne, rue du Temple, à Enghien.
BRISSE, Répétiteur à l'École Polytechnique, 22, rue Denfert-Rochereau.
BROCH (**O.-J.**), Professeur à l'Université de Christiania (Norwége).
BRUNHES, Professeur au Lycée de Toulouse, 56, quai de Tounis.
BRÜNNER, Constructeur d'instruments de précision, 159, rue de Vaugirard.

CABANELLAS (**G.**), Lieutenant de Vaisseau, 11, rue Bernoulli.
CABART, Examinateur à l'École Polytechnique, 143, boulevard Saint-Michel.
CADIAT, Ingénieur de la Société du Val d'Osne, 24, rue Meslay.
CAEL, Inspecteur des Télégraphes, à Lille.

MM.

CAILLETET, Correspondant de l'Institut, à Châtillon-sur-Seine.
CARPENTIER, ancien Élève de l'École Polytechnique, 79, boulevard St-Michel.
CASPARI, Ingénieur hydrographe de la Marine, 13, rue de l'Université.
CAVAILLÉ-COLL, Facteur d'orgues, 15, avenue du Maine.
CHABRERIE, Professeur au Collége de Brives.
CHARLES, Directeur des ateliers de l'Administration des Lignes télégraphiques, 24, rue Bertrand.
CHARLIER, Professeur au Collége de Dunkerque.
CHARLON, Directeur de la *Confiance*, 2, rue Favart.
CHAUSSEGROS, Ingénieur, chef de traction au chemin de fer, à Orléans.
CHAUTARD, Professeur à l'Institut catholique de Lille.
CIVIALE (**A.**), 2, rue de la Tour-des-Dames.
CLERAC, Sous-Insp^r des Lignes télégraphiques, 103, rue Grenelle-St-Germain.
COLMET D'HUART, Directeur de l'Athénée à Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg).
COMBETTE, Professeur au Lycée Saint-Louis, 134, rue Bonaparte.
CORNU, Membre de l'Institut, 38, rue des Écoles.
COULIER, Professeur au Val-de-Grâce, 26, rue Gay-Lussac.
COUPIER, Fabricant de produits chimiques, à Creil.
COUSTÉ, ancien Directeur de la Manufacture des Tabacs, 372, rue St-Honoré.
COUVREUX, Juge au Tribunal de Châtillon-sur-Seine.
CROIX, Professeur au Collége, 18, Grande Rue, à Saint-Amand-les-Eaux (Nord).
CROSE (**Ch.**), 21, rue de l'Odéon.
CROVA, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier.

DAGUENET, Professeur au Lycée de Grenoble, 14, rue Vicat.
DAGUIN, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.
DALMAU, Ingénieur, 9, Rembla del Centro, à Barcelone (Espagne).
DAMIEN, Professeur au Lycée, à Lille, 2, rue de la Louvière.
DANIEL, Professeur à l'École Centrale, 67, rue du Cardinal-Lemoine.
DEBRAY, Membre de l'Institut, 76, rue d'Assas.
DECHARME, Professeur au Lycée d'Angers.
DECLERC, Professeur au Collége de Langres (Haute-Marne).
DEDET, Professeur au Lycée d'Albi.
DELESTRÉE, Inspecteur d'Académie, à Nice.
DELEUIL, Constructeur d'instruments de Physique, 42, rue des Fourneaux.
DELEVEAU, Professeur au Lycée d'Orléans, 4, rue Jeanne d'Arc.
DELHAYE, Professeur au Lycée de Saint-Omer.
DENAYROUZE (**L.**), ancien élève de l'École Polytechnique, 3, boulevard Voltaire.
DEPREZ (**Marcel**), Ingénieur, 16, rue Cassini.
DESCHIENS, Constructeur d'instruments de Physique, 123, boul. Saint-Michel.
DESLANDES, ancien Officier de marine, 20, rue Larochefoucauld.
DESPLATS, Agrégé de l'École de Médecine, 7, boulevard des Capucines.
DESPRATS, Professeur au Collége de Millau (Aveyron).

MM.

DIENHEIM BROCHOCKI (Comte Th. de), Ingénieur civil, 39, boul. des Batignolles.
DOUCEUR, Directeur des postes et télégraphes du département des Deux-Sèvres, à Niort.
DOULIOT, Principal du Collége de Langres.
DUBOSCQ, Constructeur d'instruments de Physique, 21, rue de l'Odéon.
DUCHEMIN, Ingénieur, 25, rue Clapeyron.
DUCLAUX, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.
DUCLOS, Directeur de l'École Normale de Barcelonnette (Basses-Alpes).
DUCOMET, Ingénieur, 20, rue des Petits-Hôtels.
DUCRETET, Constructeur d'instruments de Physique, 89, rue des Feuillantines.
DUFET, Professeur au Lycée Saint-Louis, 23, rue de Vaugirard.
DUMOULIN-FROMENT, Constructeur d'instruments de précision, 85, rue Notre-Dame-des-Champs.
DUPRÉ, Professeur au Lycée Charlemagne, 44, boulevard Beaumarchais.
DUTER, Professeur au Lycée Louis-le-Grand.

EICHTHAL (baron d'), 98, rue Neuve-des-Mathurins.
EDELBERG, Ingénieur Opticien, à Kharkoff (Russie).
EGOROFF (Nicolas), au Cab^t de Phys. de l'Université, St-Pétersbourg (Russie).
ÉLIE, Professeur au Collége d'Abbeville, 41, rue des Teinturiers.
ESTRADA (Francisco), Recteur de l'Institut de San-Luis de Potosi (Mexique).

FARGUES DE TASCHEREAU, Professeur au Lycée Henri IV, 13, rue Boissière.
FAURE, Ingénieur, The Cotton Powder C° Limited, vare Worths, à Faversham (Angleterre).
FAVÉ, Ingénieur hydrographe, 104, rue du Bac.
FAYE, Membre de l'Institut, 9, chaussée de la Muette, Passy-Paris.
FERNET, Inspecteur général de l'Université, 93, rue des Feuillantines.
FIZEAU, Membre de l'Institut, 3, rue de la Vieille-Estrapade.
FONTAINE (Hippolyte), 52, rue Saint-Georges.
FONTBONNE (l'abbé), au château de Gourdan, par Annonay (Ardèche).
FOURNIER (Félix), 115, rue de l'Université.
FRIDBLATT (A.), Contrôleur du Télégraphe, à Chaumont (Haute-Marne).
FRIEDEL, Membre de l'Institut, 60, boulevard Saint-Michel.
FRON, Astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, 127, boulevard Saint-Michel.

GAIFFE, Constructeur d'instruments de Physique, 40, rue Saint-André-des-Arts.
GARBAN, Professeur au Lycée de Clermont-Ferrand.
GARBE, Préparateur de Physique à l'École Normale supérieure.
GARÉ (l'Abbé), Professeur à l'École ecclésiastique des Hautes Études de Nancy.
GARIEL, Agrégé de l'École de Médecine, 41, rue des Martyrs.
GARZA (Pedro), Vice-Recteur de l'Institut de San-Luis de Potosi (Mexique).
GAUGAIN, 1, rue d'Assas.

MM.

GAUTHIER-VILLARS, Libraire-Éditeur, ancien Élève de l'École Polytechnique, 55, quai des Grands-Augustins.
GAVARRET, Professeur à l'École de Médecine, 73, rue de Grenelle-St-Germain.
GAY, Professeur au Lycée d'Amiens, 1, rue Basse-Notre-Dame.
GAYON, Chimiste en chef de la Douane des sucres, à Bordeaux.
GERMAIN (Pierre), employé des Télégraphes, à Clermont-Ferrand.
GERNEZ, Professeur au Lycée Louis-le-Grand, 17, rue Médicis.
GIRARD (Ch.), Professeur au Collége Rollin, 9, rue Thenard.
GIRARDET, Professeur au Lycée Saint-Louis, 90, rue des Feuillantines.
GIROUD (D.), Constructeur de régulateurs à gaz, 27, rue des Petits-Hôtels.
GOLAZ, Constr. d'instruments de Physique, 24, rue des Fossés-Saint-Jacques.
GOSSART (Ferdinand), à Mareuil-sur-Ay (Marne).
GOSSIN, Proviseur au Lycée de Marseille.
GOTENDORF (Silvanus), 43, rue Richer.
GOVI, Professeur à l'Université de Naples (Italie).
GRAY (Matthew), Directeur de l'usine de l'Indian-Rubber gutta-percha et telegraph Works C°, 106, Cannon street, Londres.
GRAY (Robert Kay), Ingénieur électricien à l'usine de l'Indian-Rubber, gutta-percha et telegraph Works C°, 106, Cannon street, Londres.
GRIPON, Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes, 4, rue Bourbon.
GRIVEAUX, Professeur au Lycée de Nîmes, 24, rue Dorée.
GROGNOT (L.), Chimiste, manufacturier à Dijon (Usine du Foulon).
GROSSETESTE (William), Ingénieur civil, quai de la Sinne, Mulhouse.
GUEBHARD, Licencié ès sciences Physiques et Naturelles, 45 *bis*, rue Perronet. à Neuilly-sur-Seine.
GUELPA, Principal du Collége de Blidah (Algérie).
GUERBY, Professeur au Collége à Grasse (Alpes-Maritimes).
GUEROUT, Sous-Directeur de la maison Ruhmkorff, 15, rue Champollion.
GUILLEBON (de), Contrôleur de l'exploitation au chemin de fer d'Orléans, 5, rue du Bourg-Neuf, Orléans.

HANRIOT, Professeur de Physique honoraire à la Faculté de Lille, à Mainbottel, par Xivry-le-Franc (Meurthe-et-Moselle).
HAUCK (W.-J.), Constructeur d'instruments de physique, 20, Kellenbrückegasse, à Vienne (Autriche).
HESEHUS (N.), Attaché à l'Université de Saint-Pétersbourg (Russie).
HOSTEIN, Professeur au Lycée de Nancy.
HUET, Inspecteur des lignes télégraphiques à Constantine (Algérie).
HUGO (le Comte Léopold), 94, rue de la Victoire.
HUGON, Ingénieur, 165, rue de Vaugirard.
HUGUENY, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.
HUREAU DE VILLENEUVE (le Dr), 95, rue Lafayette.
HURION, Professeur à l'École normale spéciale de Cluny (Saône-et-Loire).

ISAMBERT, Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers.

MM.

ITCHNER, Principal du Collége de Béziers.

JABLOCHKOFF, Ingénieur, 52, rue de Naples.
JAMIN, Membre de l'Institut, 24, rue Soufflot.
JANDEAU, Professeur au Collége de Tourcoing.
JANNIN, Professeur au Lycée d'Albi, 9, rue Mariès.
JANSSEN, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire d'Astronomie physique, à Meudon.
JAVAL, Directeur du Laboratoire d'Ophthalmologie de la Sorbonne, 58, rue Grenelle-Saint-Germain.
JENNESSON, ancien principal à Xivry-le-Franc (Meurthe-et-Moselle).
JÉNOT, Professeur au Lycée de Nancy.
JOLY, Ferme de Pargny, près Château-Porcien (Ardennes).
JOLY, Inspecteur des Lignes télégraphiques, à Besançon.
JOSSE, ancien Élève de l'École Polytechnique, 52, rue Saint-Georges.
JOUBERT, Professeur au Collége Rollin, 50, rue Gay-Lussac.
JOULE (J.-P.), Cliff Point, Higher Broughton, Manchester.
JUNGFLEISCH, Professeur à l'École supérieure de Pharmacie, 38, rue des Écoles.

KŒNIG, Constructeur d'instruments d'Acoustique, 26, rue de Pontoise.
KRETZ, Ingénieur des Manufactures de l'État, 66, rue de Rennes.

LACOINE (Émile), Ingénieur civil, à Constantinople (Turquie).
LAFOREST (de), Lieutenant-Colonel du 33e de ligne, à Arras.
LALANCE (l'Abbé), Curé de Xivry-le-Franc (Meurthe-et-Moselle).
LALEU, Conducteur des Ponts et Chaussées, 39 *bis*, rue St-Ambroise à Melun.
LALLEMAND, Doyen de la Faculté des Sciences de Poitiers.
LAMANSKY, Professeur à l'Université de Varsovie (Russie).
LAPLAICHE, Professeur au Lycée de Dijon, 3, rue de Lamonnoye.
LAPORTE, Lieutenant au 64e régiment d'infanterie, détaché à l'École militaire supérieure de guerre, 40 *bis*, rue Fabert.
LAROCHE, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 118, avenue des Champs-Élysées.
LATTES (Oreste), Ingénieur à Turin (Italie).
LAURENT, Constructeur d'instruments de Physique, 21, rue de l'Odéon.
LAVIÉVILLE, Commissaire de surveillance administrative, gare de Besançon.
LAWTON (George), Fleetwood electricien de l'Eastern Telegraph, 2, boulevard du Muy, à Marseille.
LE BLANC (Félix), Professeur à l'École Centrale, 9, rue de la Vieille-Estrapade.
LEBOSSÉ (l'Abbé), Professeur à l'Institution Saint-Martin, à Rennes.
LECARME, Professeur au Collége Chaptal, 37, rue de Saint-Pétersbourg.
LECHAT, Professeur au Lycée Louis-le-Grand, 7, rue de Tournon.
LECOQ DE BOISBAUDRAN (François), Correspondant de l'Institut, à Cognac.
LE GAVRIAN (Paul), Ingénieur, 52, rue de Valenciennes, à Lille.
LEFEBVRE, Lieutenant au 95e d'infanterie, à Bourges.

MM.

LEMOINE (**E.**), ancien élève de l'École Polytechnique, 55, rue du Cherche-Midi.
LEMOINE (**G.**), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 76, rue d'Assas.
LEMONNIER, Ancien élève de l'École Polytechnique, 26, avenue de Suffren.
LERMANTOFF, Attaché au Laboratoire du Cabinet de Physique de Saint-Pétersbourg (Russie).
LE ROUX, Répétiteur à l'École Polytechnique, 120, boulevard Montparnasse.
LESCHI, Professeur au Collége de Corte (Corse).
LESPIAULT, Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.
LEVY, Chef d'Institution, 10, rue Amyot.
LEVY (**Armand**), Professeur au Lycée de Troyes.
LIBERT (**C.-D**), Professeur au Collége de Cholet.
LIPPMANN, Maître de conférences de Physique à la Sorbonne, 59, rue des Feuillantines.
LISLEFERME (**de**), Ingénieur en retraite, à Taillebourg.
LISSAJOUS, Recteur de l'Académie de Besançon.
LOIR, Inspecteur des Lignes télégraphiques, à Lyon.
LUTZ, Constructeur d'instruments d'optique, 65, boulevard Saint-Germain.

MACÉ de LÉPINAY, Professeur au Lycée, 28, boulevard Longchamp, à Marseille.
MAGNE, Inspecteur des lignes télégraphiques, à Amiens.
MALLEZET, Architecte, 29, rue de Fontenay, à Vincennes.
MANEUVRIER, Agrégé, attaché à l'École des Hautes-Études, 20, rue des Écoles.
MANGIN, Lieutenant-colonel, du Génie, 18, boulevard des Invalides.
MARÉCHAL, Professeur au Lycée de Marseille.
MAREY, Membre de l'Institut, 13, rue Duguay-Trouin.
MARIÉ-DAVY, Directeur de l'Observatoire météorologique de Montsouris.
MARTIN (**Ch.**), rue de Bonneval, à Chartres.
MASCART, Professeur au Collége de France, 80, rue Grenelle-St-Germain.
MASSIEU, Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.
MASSE, Professeur au Collége d'Épernay.
MASSON (**G.**), Libraire-Éditeur, 120, boulevard Saint-Germain.
MAUMENÉ, Chimiste, 91, avenue de Villiers.
MAURAT, Professeur au Lycée Saint-Louis, 6, rue Vavin.
MELSENS, Membre de l'Académie des Sciences de Belgique, 29, rue de la Grosse-Tour, à Bruxelles.
MERCADIER, S[s]-Inspecteur des télégraphes, 103, rue de Grenelle-S[t]-Germain.
MEUNIER-DOLLFUS, Administrateur délégué de la fabrique de produits chimiques, à Thann (Haut-Rhin).
MEURIEN, Pharmacien, à Lille.
MEYER, Ingénieur des télégraphes, 1, boulevard Saint-Denis.
MOITESSIER (**Albert**), Professeur à l'École de Médecine de Montpellier.
MONCEL (**Comte du**), Membre de l'Institut, 7, rue de Hambourg et à Lebisey (près Caen).
MONNOYER, Professeur à la Faculté de Médecine de Nancy.
MOREAU, Chef des Travaux physiologiques au Muséum, 55, rue de Vaugirard.

MM.

MOREL, Maître de conférences à la Faculté de Médecine, à Lille.

MORIN, Inspecteur des lignes télégraphiques, à Poitiers.

MORRIS, Inspecteur des Lignes télégraphiques, 83, rue de Rennes.

MORS, Ingénieur, fabricant d'appareils électriques, 4 *bis*, rue Saint-Martin.

MOUCHOT, Professeur au Lycée, à Tours.

MOUTIER, Professeur à Sainte-Barbe, 13, rue Gay-Lussac.

MOUTON, Maître de conférences de Physique à la Sorbonne, 61, rue des Feuillantines.

MUIRHEAD (Dr Alexandre, F. C. S.), 159, Cambden Road, Londres.

MUIRHEAD (John), Fabricant d'appareils électriques, à Londres, 29, Regent-Street, Westminster, Londres.

NAPOLI (David), Chimiste, au chemin de fer de l'Est, 15, rue Pigalle.

NEYRENEUF, Professeur au Lycée de Caen.

NIAUDET, Constructeur d'instruments de précision, 6, rue de Seine.

OGIER (Jules), 45, rue de Chabrol.

OLIVIER (Louis), Licencié ès-sciences naturelles, à Elbeuf.

OLLIVIER (A.), Ingénieur civil, 51, boulevard Beaumarchais.

PAILLARD-DUCLÈRE (Constant), Secrétaire d'Ambassade, sous-chef du cabinet du Ministre des affaires étrangères, 32, boulevard Haussmann.

PARAYRE (l'abbé), Licencié ès-sciences physiques, 74, rue de Vaugirard.

PASSOT (Dr), Aide-Major au 122e de ligne, à Montpellier.

PAUL (Amédée), Directeur de l'Eastern Telegraph, à Bône (Algérie).

PAYN (John), Sous-Directeur de l'Eastern Telegraph, 2, boulevard du Muy, à Marseille.

PELLAT (H.), Professeur au Lycée Fontanes, 21, rue Monge.

PELLERIN, Professeur de physique à l'École de Médecine de Nantes.

PEREZ DE NUEROS (Federico), Professeur à la Faculté des Sciences de Barcelone (Espagne).

PÉRIGNON, 105, faubourg Saint-Honoré.

PERNET, Professeur de Physique en retraite, 3, rue Bernard, à Dôle.

PERNET (Dr J.), chargé des fonctions de Directeur du Bureau international des poids et mesures, Pavillon de Breteuil, Sèvres.

PÉROT, Dessinateur et Graveur, 10, rue de Nesles.

PERROUD, Préparateur au Lycée Fontanes, rue du Havre.

PICOU, Ingénieur des arts et manufactures, 25, rue Cail.

PITANGA (Epiphanio), Professeur à l'École Polytechnique de Rio-Janeiro,

PLANTÉ (Gaston), 56, rue des Tournelles.

PLATZER (H.), Professeur de Mathématiques, 11, rue Miromesnil.

PLOIX (Charles), Ingénieur hydrographe de la Marine, 13, rue de l'Université.

POIRÉ, Professeur au Lycée Fontanes, 60, boulevard Malesherbes.

POLLARD, Ingénieur de la Marine, à Cherbourg.

MM.

POTIER, Ingénieur des mines, répétiteur à l'École Polytechnique, 1, rue de Boulogne.

POUSSIN (Alexandre), Ingénieur manufacturier à Elbeuf.

POUSSIN, avocat à Elbeuf.

PRAZMOWSKI, Constructeur d'Instruments d'optique, 1, rue Bonaparte.

PRÉSIDENT (le) de la Société de Physique de Londres.

PRÉSIDENT (le) de la Société de Physique de Saint-Pétersbourg.

PROTCHE (le Colonel), Commandant en second de l'École Polytechnique.

PUCHEU, Professeur au Collége de Béziers.

PUJALET, Préparateur au Collége Rollin, 12, avenue Trudaine.

PUYFONTAINE (Comte de), 43, boulevard des Batignolles.

QUET, Inspecteur général de l'Université, 59, rue Madame.

RAFFARD, Ingénieur, 16, rue Vivienne.

RAULX, Directeur des télégraphes, à Auch.

RAYET, Professeur à la Faculté de Bordeaux.

RAYNAUD, Sous-Inspecteur des Lignes télégraphiques, 60, boulevard Saint-Germain.

REYNIER, Ingénieur électricien, 19, avenue de l'Observatoire.

REDIER, Constructeur, 8, cour des Petites-Écuries.

RENARD, Capitaine du Génie, 7, avenue de Trivaux, à Meudon.

REY (Casimir), Professeur de mathématiques à l'École du Génie, 22, rue de Montbauron, à Versailles.

RIBAIL (Xavier), Ingénieur de la traction au Chemin de fer de l'Ouest, 37, rue du Château.

RICHARD, Inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques, à Paris.

RICHET (Th.), Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, 35, faubourg Poissonnière.

RITTER, Professeur de Chimie à la Faculté de Médecine de Nancy.

RODDE (Ferd.), 3, cité Magenta.

ROIG Y TORRES (Raphaël), Professeur à la Faculté des Sciences de Barcelone (Espagne).

ROISIN (Paul), ancien Élève de l'École Polytechnique, 42, rue des Fourneaux.

ROLLAND (E.), Directeur général des Manufactures de l'État, 66, rue de Rennes.

ROMANET, ancien Élève de l'École des Mines, à Bovelles, par Picquigny (Somme).

ROMILLY (de), 8, rue de Madrid.

ROOSEVELT, Ingénieur, 1, rue de la Bourse.

ROSENSTIEHL, Chimiste, Directeur de l'usine Poirrier, 44, rue de Poissy, à Enghien.

ROSSETTI, Professeur à l'Université de Padoue (Italie).

ROUSSE, Professeur au Lycée de Saint-Étienne, 23, rue Saint-Étienne.

SAINTE-CLAIRE DEVILLE (Henri), Membre de l'Institut, 155, boulevard Saint-Germain.

MM.

SAINT-LOUP, Professeur à la Faculté de Besançon.

SALET, Maître de conférences de Chimie à la Sorbonne, 120, boulevard Saint-Germain.

SARCIA (Gril), Capitaine d'Artillerie de Marine, 61, avenue de Villiers.

SAUTTER (Gaston), Ingénieur, 26, avenue de Suffren.

SCHÆFER (G.-H.), Professeur au Collége d'Alais.

SCHAEFFER, Chimiste à Dornach, près Mulhouse.

SCHWEDOFF, Professeur à l'Université d'Odessa (Russie).

SCHNEIDER (Théodore), Professeur de Chimie à l'École Monge, 36, rue Gay-Lussac.

SEBERT, Commandant d'Artillerie de Marine, 17, boulevard de Courcelles.

SÉGUIN, Recteur de l'Académie des sciences de Caen.

SEIGNETTE (Adrien), Licencié ès-sciences, 87, rue du Bac.

SERRÉ-GUINO, Professeur au Lycée de Bordeaux.

SERRIN (V.), Ingénieur, 1, boulevard Saint-Martin.

SIMOUTRE (l'Abbé), Professeur de Physique au grand séminaire de Nancy.

SIRE (G.), Docteur ès sciences, Essayeur de la Garantie, à Besançon, 15, rue des Chambrettes.

SIRVENT, Professeur au Collége Rollin, 116, rue de Rennes.

SIVRY (L. de), Rédacteur au Ministère des Affaires étrangères, 32, rue de Verneuil.

SOURDEVAL (de), 22, rue Bergère.

SPOTTISWOODE (W.), Vice-Président de la Société Royale de Londres, 50, Grosvenor-Place (S. W.), Londres.

STEPANOFF, Préparateur de physique, à Cronstadt (Russie).

STOKES (G.-G.), Professeur de Mathématiques à l'Université de Cambridge. — Lensfield Cottage Cambridge.

STRUMBO, Professeur à l'Université d'Athènes (Grèce).

TEISSIER, Professeur au Lycée de Nîmes, 61, rue Roussy.

TEPLOFF, Colonel du Génie impérial Russe, rue Vladimir Kaies, 15, maison Friedrichs, Saint-Pétersbourg (Russie).

TERNANT, Repr[t] de la C[ie] de l'Eastern Telegraph, 3, boul. du Muy, à Marseille.

TERQUEM, Professeur à la Faculté des Sciences de Lille.

THENARD (le baron Paul), Membre de l'Institut, 6, place Saint-Sulpice.

THENARD (Arnould), 6, place Saint-Sulpice.

THOMSON (Sir William), F. R. S., Professeur à l'Université de Glascow (Écosse).

THYRION, Professeur au Collége de Fontainebleau.

TILMANT (Victor), Directeur de l'École Supérieure à Lille.

TIMIRIAZEFF, Professeur de Physiologie végétale, à Moscou (Russie).

TOMMASI (Ferdinando), Ingénieur, 50, avenue de Wagram.

TORTEL, Professeur au Lycée de Grenoble.

TRANNIN (Henri), ancien Préparateur à la Faculté des Sciences de Lille, à Fampoux (Pas-de-Calais).

TRIPIER (le D[r]), 4, rue de Hanovre.

MM.

TROTIN, Inspecteur des lignes télégraphiques, à Nevers.
TROUVÉ (G.), Constructeur d'instruments de précision, 14, rue Vivienne.
TULEU, Ingénieur, 17, rue Visconti.
TURIÈRE, Professeur au Collége de Bedarieux.

VALBY, Pharmacien de 1re classe, à Dijon.
VAN DER VLIT, Privat-Docent de Physique à l'Université de Saint-Pétersbourg.
VAN MALDEREN (J.), Constructeur d'appareils électromagnétiques, 67, avenue de Wagram.
VARACHE, Professeur au Collége de Béziers.
VARIN, Professeur au Collége, à Épinal.
VAZEILLE, Professeur à Sainte-Barbe, 8, rue Gay-Lussac.
VIGNES, Professeur au Collége Chaptal, 15, rue Véron.
VILLIERS (Antoine), 8, rue du Havre.
VIMERCATI (G.), Directeur de la *Rivistà scientifico-industriale*, 49, Corso Tintori, Florence (Italie).
VIOLLE, Professeur à la Faculté des sciences de Grenoble.
VIORRAIN, Préparateur de Chimie, 71, rue Saint-Jacques.
VLADIMIRSKI (Alexis), Professeur de Physique à l'École technique de Moscou (Russie).

WAHA (de), Professeur à Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg).
WALFERDIN, 3, rue Bude.
WARREN DE LA RUE, 73, Portland place, Londres, W.
WERLEIN, Constructeur d'Instruments d'optique, 7, rue Berthollet.
WEST (Émile), Ingénieur-Chimiste au Chemin de fer de l'Ouest, 13, rue Bonaparte.
WIESNEGG, Constructeur d'appareils pour les Sciences, 64, rue Gay-Lussac.
WITZ (Aimé), Ingénieur civil, 15, rue Royale, à Lille.
WOLF, Astronome à l'Observatoire de Paris, 95, rue des Feuillantines.
WUNSCHENDORFF, Inspecteur des lignes télégraphiques, à Toulon.

XAMBEU, Professeur au Collége de Saintes.

YVON, Pharmacien, 7, rue de la Feuillade.

ZAHM (J.-A.), Professeur de Physique à l'Université Notre-Dame (Indiana) (États-Unis).
ZEGERS (Louis-L.), Ingénieur des Mines du Chili, 202, calle Catedral, à Santiago.
ZILOFF, Professeur de Physique à l'École Impériale technique, à Moscou (Russie).

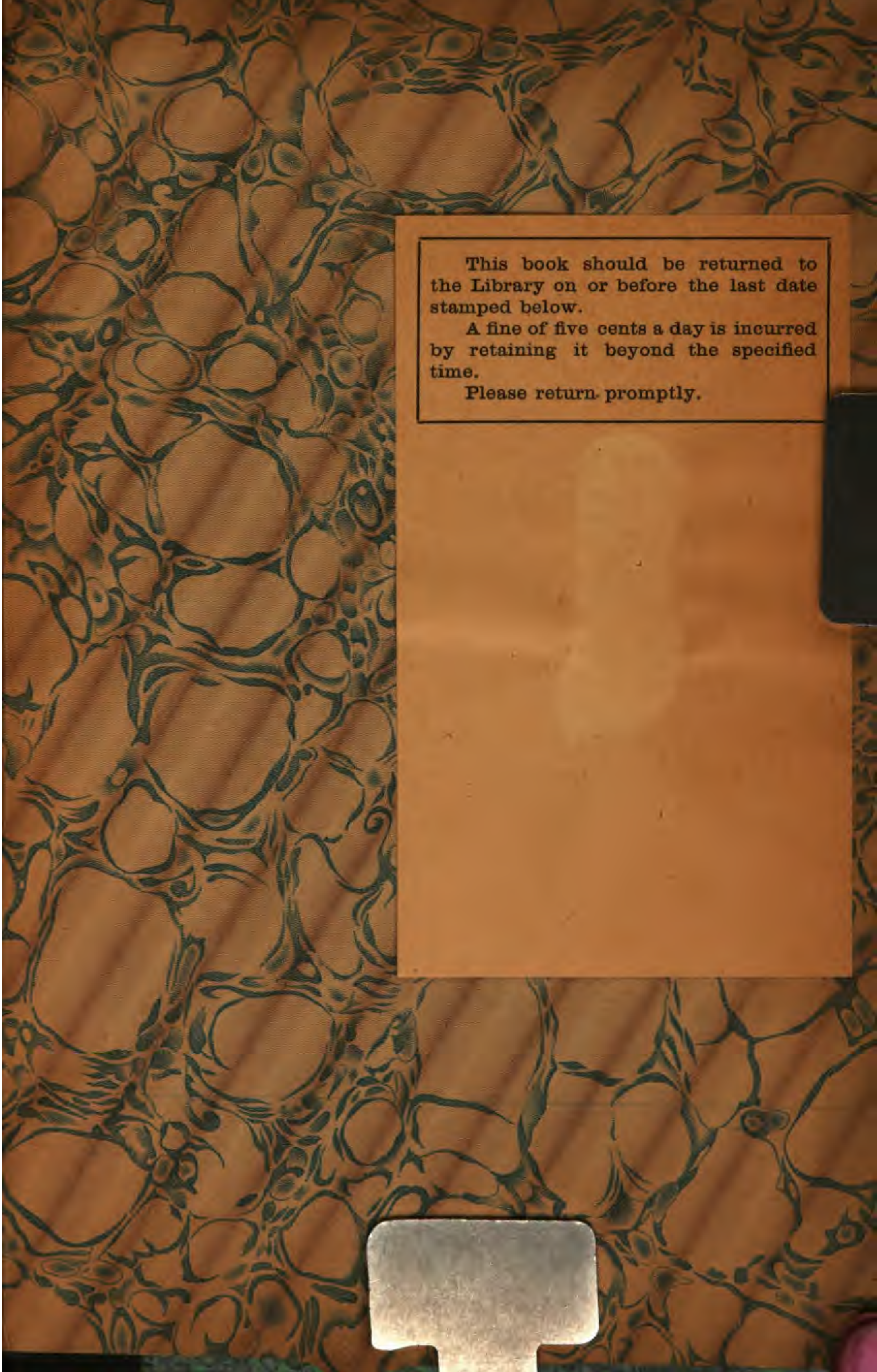
Janvier 1879.

Les personnes dont le nom ou l'adresse ne sont pas correctement inscrits sont priées de transmettre les rectifications au Secrétaire général de la Société.

TABLE DES MATIÈRES.

4573 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.




This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.
A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.
Please return promptly.